АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ТРУДЫ НОЯБРЬСКОЙ СЕССИИ 1953 ГОДА

А35 4/2

ПРОБЛЕМЫ ВОЛГО-КАСПИЯ

2

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

A35 4/2

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ТРУДЫ НОЯБРЬСКОЙ СЕССИИ 1933 ГОДА

4
2

ПРОБЛЕМЫ ВОЛГО-КАСПИЯ

2

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
ЛЕНИНГРАД · 1934

Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР
Ноябрь 1934 г.

Непременный секретарь академик *В. Волин*

Редактор издания М. А. Шателен

Технический редактор Г. А. Стратановский. — Ученый корректор А. В. Суслов

Сдано в набор 3 апреля 1934 г. — Подписано к печати 5 ноября 1934 г.

Тит. л. + VII + 720 стр. + 4 табл.
Формат бум. 62 x 94 см. — 45 3/4 печ. л. — 47616 тип. зн. в л — Тираж 2175
Ленгорлит № 18235 — АНИ № 215. — Заказ № 3397

Типография Академии Наук СССР. В. О., 9 линия, 12

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Секция энергетики.

Заседание 26 ноября 1933 года 1

Доклад З. И. Ракоши «Уровень народного хозяйства в период завершения гидростроительства Волжского бассейна». — Доклад Г. Н. Чарданцева «Транспортно-энерго-ирригационный комплекс Волжского бассейна в системе производительных сил СССР». — Доклад Е. А. Руссаковского «Влияние Волжского гидростроительства на размещение промышленности». — Прения: выступления акад. С. Г. Струмилина, акад. П. П. Маслова, Михайлова, Сегаль-Бернштейна, Р. А. Фермана, Д. Л. Лифшица, А. Б. Ельяшевича, К. А. Яворского, С. А. Кукель-Краевского.

Секция энергетики.

Заседание 28 ноября 1933 года 43

Доклад С. А. Кукель-Краевского « О методологии выбора мощностей гидроцентралей в большой энергетической системе». — Прения: выступления акад. Г. М. Кржижановского, Е. А. Руссаковского, Г. Н. Чарданцева, З. И. Ракоши. — Доклад Р. А. Фермана «Методология составления балансов энергоснабжения районов на примере Большой Волги». — Доклад В. В. Болотова «Совместная работа ТЭЦ и ГЭЦ Волжского района».

Секция энергетики.

Заседание 29 ноября 1933 года 95

Доклад Н. Н. Крачковского «Сеть волжских станций». — Доклад В. Н. Глазанова «Конструкция линий электропередач в районе Большой Волги в связи с надежностью электроснабжения». — Прения: выступления акад. Г. М. Кржижановского, Н. И. Левенсона, Р. А. Фермана, акад. А. А. Чернышева, Н. Н. Крачковокого. — Доклад В. Н. Шретера «Перспективы использования горючих сланцев СССР». — Содоклад А. Н. Шишова «Перспективы использования горючих сланцев СССР». — Прения: выступления проф. М. Н. Савчука, В. А. Кинда, акад. Г. М. Кржижановского, Пробста, Татарчука, Шемякова, Митенкова, В. Н. Шретера, Пронина.

Секция энергетики

Заседание 30 ноября 1933 года 152

Прения: выступления Н. Н. Попова, Сегаль-Бернштейна, Мелентьева, Сувальского, Фельдмана, Басова, акад. С. Г. Струмилина, В. В. Болотова, С. А. Кукель-Краевского, Р. А. Фермана.

Секция рыбного хозяйства и животного сырья.

Заседание 28 ноября 1933 года 170

Доклад Н. М. Книповича «Гидрология Каспийского моря». — Прения: выступления М. И. Тихого и Н. М. Книповича. — Доклад Л. С. Берга «Водная фауна Каспийского моря и ее использование». — Прения.

Секции рыбного хозяйства и животного сырья, гидротехнических сооружений и водного хозяйства.

Объединенное заседание 29 ноября 1933 года 200

Доклад Н. М. Книповича «Влияние проектируемых гидротехнических сооружений на рыбное дело Каспийского и Азовского морей». — Содоклад М. И. Тихого «Рыбохозяйственное значение водохранилищ при гидротехнических сооружениях на Волге и выбор схемы реконструкции реки». — Прения: выступления К. Т. Романовского, проф. Пузыревского, А. П. Семенова-Тянь-Шанского, В. Г. Глушкова, Н. М. Книповича, проф. Кенига, Кучина, Г. Ю. Верещагина и М. И. Тихого.

Секция водного хозяйства и водного транспорта.

Заседание 29 ноября 1933 года 238

Доклад Р. Э. Давида «Узловые вопросы сельско-хозяйственного климатологического исследования района ирригации в Заволжьи». — Доклад С. Л. Бастамова «Климатологическая характеристика районов БГП и прилегающих областей». — Доклад М. А. Лорис-Меликова «Синоптические характеристики Арало-Каспийской низменности и бассейна Волги и их соотношение с общей атмосферной циркуляцией». — Доклад А. В. Вознесенского «Недостаток насыщения воздуха влажностью на побережьях Каспийского моря» (резюме). — Доклад Б. П. Вейнберга «Пути к разрешению вопроса об изменении климата Поволжья и режима Каспия при осуществлении изменения режима Волги и Дона». — Прения: выступления Председателя, А. А. Каминского, Аполлова, А. В. Вознесенского, И. К. Тихомирова, А. И. Михалевского, Р. Э. Давида, С. Л. Бастамова, И. И. Крамалей, Б. П. Вейнберга, М. А. Лорис-Меликова.

Секция водного хозяйства и водного транспорта.

Заседание 30 ноября 1933 года 275

Доклад А. И. Фидмана «Строительство канала Москва—Волга». — Прения: выступления Михайлова, Яворского, Верховского, Брегмана, акад.

С. Г. Струмилина, А. И. Фидмана, акад. Г. М. Кржижановского. — Доклад В. Е. Тимонова «Зимний режим реконструированной Волги и водный транспорт». — Прения: выступления А. М. Евстафьева, Председателя, А. И. Рихтера, Брегмана, А. А. Каминского, В. М. Родевича, В. Е. Тимонова, В. Д. Никольского, С. Ф. Воеводского, А. И. Фидмана, Б. К. Александрова, С. В. Бернштейн-Когана.

Секция геологии и минерального сырья.

Заседание 26 ноября 1933 года 347

Доклад П. А. Православлева «О новейших движениях земной коры между Нижней Волгой и р. Уралом, в связи с изменениями уровня Каспийского моря». — Прения: выступления акад. А. Д. Архангельского, Л. С. Берга, П. А. Православлева, П. М. Горшкова.

Секция геологии и минерального сырья.

Заседание 27 ноября 1933 года 378

Доклад акад. И. М. Губкина «Нефть Волго-Каспийского бассейна». — Прения: выступления Осипова, акад. И. М. Губкина, акад. А. П. Карпинского. Доклад Б. П. Кротова «Сера Самарского района в связи с геологическими исследованиями Волжского края». — Прения: выступления акад. И. М. Губкина, Л. Д. Штурм, Н. М. Федоровского, Б. П. Кротова. — Доклад П. А. Волкова «Комплексное исследование полезных ископаемых средневолжских серных месторождений».

Секция геологии и минерального сырья.

Заседание 28 ноября 1933 года 436

Доклад М. А. Бендецкого «Проблема промышленного использования солей оз. Эльтон». — Доклад В. И. Николаева «Физико-химическая характеристика озер дельты Волги и перспективы их промышленного использования». — Прения: выступления акад. Н. С. Курнакова, Н. М. Федоровского, Л. М. Зарудского, В. И. Николаева. — Доклад В. П. Ильинского «Гидрохимия Карабугазского залива и основы его использования на продукты основной химической промышленности». — Прения: выступления акад. Н. С. Курнакова, Ф. Ф. Бадера, акад. И. М. Губкина, акад. Э. В. Брицке, акад. Н. Д. Зелинского, акад. А. Д. Архангельского, Я. Б. Блюмберга, акад. А. П. Карпинского, В. И. Николаева, В. П. Ильинского.

Секция геологии и минерального сырья.

Заседание 30 ноября 1933 года 473

Доклад акад. А. Д. Архангельского «Результаты работ по изучению донных отложений Южного Каспия, произведенных экспедицией Института геологии и минералогии». — Прения: выступления П. А. Православлева, Можаровского, акад. И. М. Губкина. В. Г. Мухина, Каминского, Л. С. Берга, А. В. Вознесенского, А. И. Михалевского, акад. А. Д. Архангельского. — Доклад акад. Н. Д. Зелинского «Горю-

чие масла волжских сланцев и возможность полного их обессеривания и использования». — Прения: выступления акад. Н. С. Курнакова, Брауна, А. Д. Петрова, акад. Н. Д. Зелинского.

Секция гидротехнических сооружений.

Заседание 27 ноября 1933 года 497

Доклад И. И. Леви «Проблема наносов в связи с реконструкцией Волги». — Доклад Н. М. Бернадского «Проблема искаженного режима песчаных наносов р. Волги и методы ее разрешения». — Прения: выступления инж. Бочкова, инж. Бадера, проф. Гришина, акад. С. А. Чаплыгина, проф. Москвитинова, инж. Полякова, инж. Леви, проф. А. Г. Воробьева, акад. Н. Н. Павловского. — Доклад В. И. Давидовича «Метод электро-гидродинамических аналогий и его применение при проектировании Ярославльского узла сооружений Средволгостроя». — Прения: выступления инж. Рельтова, инж. Проскурникова, акад. Н. Н. Павловского, В. И. Давидовича. — Доклад Р. Р. Чугаева «К вопросу о расчете устойчивости земляных плотин, проектируемых для ирригации Заволжья». — Доклад В. Тихого «Дренаж земляных плотин».

Секция гидротехнических сооружений.

Заседание 28 ноября 1933 года 552

Прения: выступления проф. Гришина, инж. Чугаева, акад. Н. Н. Павловского. — Доклад. А. И. Шварца «Водослив с широким порогом». — Прения: выступления инж. Бобина, акад. Н. Н. Павловского. — Доклад П. М. Бобина «Гидравлический расчет перемычек и других сооружений, стесняющих поток в плане». Прения: выступление акад. Н. Н. Павловского. — Доклад Б. И. Аравина «Некоторые специальные случаи гидравлического расчета быстротков на ирригационных системах». — Прения: выступления инж. Давидовича, В. И. Аравина. — Доклад Б. В. Полякова «Исследование коэффициента шероховатости русел и пойм равнинных рек». — Прения: выступления инж. Травкина, проф. Рахманова, акад. Н. Н. Павловского, Б. В. Полякова.

Секция гидротехнических сооружений.

Заседание 29 ноября 1933 года 609

Доклад акад. А. А. Байкова «Выбор цементов, обеспечивающих сохранность гидротехнических сооружений в условиях Волго-Каспия». — Прения: выступления проф. Савчука, проф. Некрасова, проф. С. И. Дружинина, проф. Юнга, проф. Фишмана, проф. Кинда, проф. Гришина, акад. А. А. Байкова и акад. Н. Н. Павловского. — Доклад акад. Н. Н. Павловского «Гидравлическая теория турбулентного движения грунтовых вод». — Прения: выступления инж. Бадера, инж. Абрамова, инж. Избаша, инж. Мелещенко, акад. Н. Н. Павловского, акад. Б. Е. Веденеева. — Доклад С. В. Избаша «Фильтрационные деформации грунта». — Прения: выступления инж. Травкина, акад. Н. Н. Павловского, С. В. Избаша.

Секция гидротехнических сооружений.

Заседание 30 ноября 1933 года 661

Прения: выступления проф. Гришина. — Доклад В. С. Баумгарта «О научно-исследовательских работах в области гидротехники в связи с проблемой Большой Волги». — Прения: выступления инж. Татаркина, проф. Рахманова, инж. Шварца, инж. Давидовича, инж. Бочкова, проф. Баумгарта, акад. Н. Н. Павловского. — Доклад В. М. Маккавеева «О плановом очертании струенаправляющих сооружений мостовых переходов». — Прения: выступления И. И. Москвитинова, В. М. Маккавеева, проф. Рахманова.

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

ЗАСЕДАНИЕ 26 НОЯБРЯ 1933 Г.

Председательствует акад. Г. М. Кржижановский.

Председатель: В повестке дня стоит доклад З. И. Ракоши «Уровень народного хозяйства в период завершения гидростроительства Волжского бассейна».

З. И. РАКОШИ

УРОВЕНЬ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ПЕРИОД ЗАВЕРШЕНИЯ ГИДРОСТРОИТЕЛЬСТВА ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА

Строительство мощного народно-хозяйственного комплекса Большой Волги, техническую схему которого изложил проф. Г. К. Ризенкампф, требует экономического анализа с точки зрения возможности его завершения в период ближайших пятилеток.

Энергетическому институту (ЭИН) Академии Наук была поручена задача выяснить, в какой народно-хозяйственной среде должен вырасти мощный народно-хозяйственный комплекс, связанный с Большой Волгой, необходимо ли такое строительство уже на ближайших этапах развития народного хозяйства, а с другой стороны, найдутся ли материальные и трудовые ресурсы в нашей стране, нужные для осуществления такого гигантского строительства.

В наши задачи входило, следовательно, наметить опорные точки для черновой рабочей гипотезы развития народного хозяйства на тот период, когда завершится строительство Большой Волги.

Совершенно ясно, что разработка гипотезы генплана не по плечу небольшому коллективу. Этим делом занимался большой коллектив плановых работников, и трудности составления второго пятилетнего плана показали, что эту задачу можно разрешить только с привлечением всех научных и технических сил нашей страны.

Нашей задачей было наметить только самые исходные положения, скелет той схемы, по которой можно было бы представить будущее развитие народного хозяйства за период строительства Большой Волги.

Исходными положениями для наших расчетов служили принципиальные установки программы решений нашей Партии о строительстве социалистического общества. К работе были привлечены материалы о строительстве социалистического хозяйства за прошлый период и материалы второй пятилетки.

Никто не требовал от нас по использовании всех этих материалов набросать четкую картину того, что будет через 10—15 лет. Нам необходимо было наметить определенные уровни развития народного хозяйства, которым должны соответствовать отдельные этапы строительства Большой Волги. Те уровни, о которых я здесь говорю, соответствуют трем этапам развертывания строительства Большой Волги.

Первый уровень это — конец второй пятилетки — 1937 г., который нам уже более или менее ясен, по которому у нас имеются подробные материалы.

Второй уровень, условно приуроченный к 1942 г., соответствует тому этапу волжского строительства, когда завершится первый тур строительства мощных гидросооружений.

Третий уровень приурочен условно к 1947 г. и соответствует периоду полного разворота гидросооружений в Волжском бассейне, к завершению в основном реконструкции Большой Волги.

Каковы наши исходные соображения по составлению схемы? Основные соображения следующие.

Во второй пятилетке, пятилетке построения бесклассового общества, должны быть окончательно ликвидированы классы и обобщены целиком все средства производства народного хозяйства. За рамками второй пятилетки мы вступаем в такой период, когда можно говорить о построении завершенного социалистического общества и о стирании в основном противоположности между земледелием и промышленностью. За этот же период должен происходить бурный рост благосостояния трудящихся. Ясно, что такое развитие может происходить только на базе быстрого роста производительности труда. При компановке нашей схемы мы исходили, в первую очередь, из основного показателя — из производительности труда промышленного рабочего. Это тот исходный показатель, по которому мы должны потом измерять все остальные показатели развития народного хозяйства, который должен решить и вопрос темпов и вопрос «догона и перегона».

Наши исследования велись в двух разрезах. В первую очередь мы выявили основные показатели структуры народного хозяйства, которые определяют, с одной стороны, рост производительных сил и рост потребления — с другой.

Другой путь исследования пошел по линии изучения пропорций и отношений, имеющихся между различными отраслями народного хозяйства, и, в частности, между отраслями тяжелой промышленности, которые для энергетики играют исключительно важную роль.

Далее мы проверили, в какой степени взятая нами схема по развитию народного хозяйства действительно соответствует размаху строительства, проектируемому в технических схемах реконструкции Волги. На основе этих материалов нам удалось определить, в какой степени соответствуют планам отдельных районов сдвиги, намеченные в нашей общей рабочей гипотезе.

Эти разные пути исследования вели к уточнению уровней развития народного хозяйства, которые мы получили на первом этапе нашей работы на основе анализа структуры динамики народного хозяйства.

Рост производительности труда мы определили следующим образом. Если сейчас производительность труда рабочего советской промышленности отстает в 2—3 раза от производительности труда американского рабочего, то за период строительства Большой Волги мы должны перегнать Соединенные Штаты не только по темпам роста производительности труда, но и по абсолютной величине.

Исходя из темпов роста производительности труда за прошлые пятилетки и учитывая дальнейшие технические сдвиги на основе широкой электрификации и химизации страны, был намечен рост производительности труда, в порядке отправного варианта, в 3.5 раза за период генплана. Может показаться на первый взгляд, что этот рост в 3.5 раза является небольшим достижением.

Необходимо, однако, учесть, что рабочий день у нас снизится не менее чем до 5—6 час. Таким образом, к концу генплана продолжительность рабочего дня в советской промышленности сокращается, по крайней мере, на 30—40% по сравнению с рабочим днем американского рабочего.

Из динамики производительности труда вытекает и рост промышленной продукции.

Приняв исходными темпы первой и второй пятилеток, мы спроектировали рост промышленной продукции в 7—7.5 раза; за этот период народный доход возрастет в 6—7 раз.

Мы распределили народный доход на фонд потребления и фонд накопления. Определив удельный вес капитальных вложений в народном доходе цифрой порядка 30%, мы получили, что за 15-летний период можно вложить в народное хозяйство не менее 800—850 млрд. руб.; фонд потребления в то же время вырастает в 10—12 раз; рост на душу населения возрастет, по крайней мере, в 8 раз.

Вот в основном система показателей, полученная нами при исследовании этого вопроса. Дальнейшая детализация схемы была бы не под силу нашему коллективу.

Другой разрез исследований пошел по линии изучения структуры тяжелой промышленности. Эти исследования были проведены на основе изучения развития советского хозяйства за 20-летний период и отчасти критического анализа динамики мировой промышленности. В результате анализа выяснилось, что на определенном уровне технического развития между масштабами продукции разных отраслей промышленности существует определенная пропорциональность, которая зависит, главным образом, от уровня технического развития страны и которая для крупных народно-хозяйственных комплексов приблизительно одинакова.

Исходя из социально-экономических задач завершения социалистического строительства в нашей стране, учитывая структурные сдвиги народного хозяйства СССР как за истекший период, так и по наметкам второго пятилетнего плана и критически проработав вопрос о динамике мирового хозяйства за последние два—три десятилетия, мы на основе анализа советской промышленности набросали опреде-

ленную схему дальнейшего развития тяжелой промышленности СССР на трех уровнях по важнейшим продуктам.

У нас получились такие величины:

№№ по порядку	Название продукции	Единица измерения	Количество продукции				
			1932	1937	1942	1947	Рост за 1932–1947
1	Чугун	млн. тонн	6.2	18	30	50	8.1 раз
2	Уголь	»	63	150	300	450	7.2 »
3	Цемент	»	3.3	6.6	12	24	7.3 »
4	Медь	тыс. тонн	—	125	300	700	ок. 14 »
5	Цинк	»	—	100	300	500	» 25 »
6	Алюминий	»	—	80	160	400	» 40 »
7	Машиностроение . .	млрд. руб.	7.4	14	30	60	8 »
8	Химия «А»	»	1.0	3	10	25	25 »
9	Электроэнергия . . .	млрд. квтч.	13.1	38	100	200	15 »

В то время как металл, топливо, цемент вырастают в среднем теми же темпами, как и общий рост промышленности и несколько меньшими темпами, чем рост тяжелой промышленности, производство легких металлов, электроэнергии и химическое производство растут значительно быстрее.

Мы эти данные проверили посредством анализа удельного веса продукции отдельных отраслей тяжелой промышленности, т. е. проверили эти данные по стоимостным показателям, и эта проверка подтвердила ориентировочную ценность наших наметок.

Метод структурного анализа слишком условен. Понятно, что такие технические сдвиги, как подземная газификация и целый ряд новых моментов в области строительства — применение новых стройматериалов и другие возможные сдвиги — не могли быть учтены и они могут внести существенные поправки во все эти расчеты.

Мы исходили из уровня современной передовой мировой техники, но нам необходимо было получить лишь порядок цифр, по которым вообще можно сделать расчеты по проверке нашей схемы Большой Волги.

Получив абсолютные величины по выработке важнейших продуктов тяжелой промышленности, мы проверили, хватит ли нам капиталовложений для развертывания такой производственной мощности, которая необходима для выработки всей вышеприведенной продукции.

При помощи капиталовложений, которые нам известны за первую пятилетку и которые можно было высчитать по плану второй пятилетки, мы получили, с учетом некоторого сдвига и удешевления дальнейшего строительства, потребные для развития важней-

ших отраслей промышленности — топливо, электроэнергетика, черная и цветная металургия — капиталовложения.

Эти капиталовложения обеспечивают создание производственных мощностей, необходимых для получения указанной выше продукции.

В качестве примера можно привести электроэнергетику. Для выработки 200 млрд. квтч. нужно дополнительно построить не менее 40—45 млн. квт мощности. Учитывая, что на квт мощности, с учетом всех расходов на электрохозяйство, требуется, по грубым расчетам, около 1000 руб., мы получаем 40—45 млрд. руб. как минимум капитальных вложений для развития электроэнергетики.

Удельный вес фондов электроэнергетики в фондах цензовой промышленности к концу первой пятилетки около 8%, во второй пятилетке удельный вес капиталовложений в электроэнергетике возрастает до 10—12%.

К концу периода строительства Большой Волги этот процент может достигнуть, как максимум, 15% от фондов цензовой промышленности. В таком случае максимум того, что мы можем вложить в энергетику, не должен превышать 50—55 млрд. руб.

Таким же путем я проверил капиталовложения и по другим отраслям народного хозяйства и получил, что эти производственные мощности укладываются в общие фонды народного хозяйства, которые мы предусматривали на первом этапе нашего анализа структуры капиталовложений.

После этой проверки мы сравнили наши данные по развитию всего народного хозяйства с гипотезами отдельных районов, разработанными группой районных экономистов, незнакомых с нашими сводными данными по Союзу. Получились приблизительно те же цифры, к которым пришел и я совершенно другим путем — структурным анализом всего народного хозяйства.

Затем была проведена экспертиза группой работников по важнейшим отраслям промышленности. После их экспертизы мы пришли к выводу, что нет причин изменять те уровни отдельных отраслей, которые были набросаны нами первоначально. Таким образом, и с точки зрения отраслевого хозяйства мы получили подтверждение правильности наших расчетов.

После определения уровней развития народного хозяйства нам надо было выяснить, в какой степени данный разворот народного хозяйства обеспечивает строительство Большой Волги.

Мы получили в результате наших расчетов, что развитие районов Большой Волги нуждается в таком огромном количестве электроэнергии, что без гидроэнергии эти районы не получат соответствующего обеспечения электроэнергии.

Во-вторых, капиталовложения, которые намечены по технической схеме реконструкции Волжского басейна, соответствуют тем размерам капиталовложений, которые мы определили другим способом — путем структурного анализа народного хозяйства. В частности, проф. Г. К. Ризенкампф вчера называл цифры стоимости реконструкции по его схеме, примерно в размере 16 млрд. руб. без Камышинской и Криушинской

плотин. Если же учесть строительство обоих этих объектов, то необходимо будет вложить около 20—22 млрд. руб. только в гидростроительство и в ирригацию. Эта цифра сама по себе огромна, но если сравнить ее с цифрой 850 млрд. руб., то она покажется уже не страшной. Даже если допустим, что цифры проф. Г. К. Ризенкампфа и преуменьшены, и то капиталовложения на Волгу составят не более 3—4% всех капиталовложений в народное хозяйство. Но эти расходы составляют лишь небольшую долю капиталовложений во все народное хозяйство Волжского бассейна. Для одной энергетики необходимо будет 20—25 млрд. руб. С учетом того, что энергетика Большой Волги будет, главным образом, гидроэнергетикой, удельный вес электроэнергетики во всех фондах Волжского бассейна будет выше, чем в других частях нашего Союза.

Мы пришли к выводу, что для полного разворота Волжского стоительства с учетом развития всех отраслей народного хозяйства Волжского басейна, с некоторым запасом капиталовложений, необходимо будет максимум 200 млрд. руб., что составляет 1/4 всех капиталовложений в народное хозяйство. Мы проверили эти цифры путем анализа развития отдельных макрорайонов и пришли к выводу, что удельный вес Волжского бассейна в системе производительных сил страны приблизительно соответствует этой пропорции. Следовательно, капиталовложения по Волжскому строительству совершенно по плечу нашему народному хозяйству.

На основе наших расчетов мы пришли к убеждению, что тот огромный разворот работ, который намечен техническими схемами, действительно является очередным звеном строительства, и, кроме того, он необходим как неизбежный этап дальнейшего строительства бесклассового общества в нашей стране.

Конечно, мы признаем сугубую условность этих данных и всех наших расчетов, ибо нельзя требовать ясной и точной картины того, что будет через 10—15 лет. Но порядок данных расчетов говорит о том, что первичные опорные пункты черновой рабочей гипотезы генерального плана действительно подтверждают возможность технической схемы реконструкции Волги и полную ее приемлемость. Вот к чему свелась наша работа.

Желательно, чтобы в дальнейшем исследование этого вопроса охватило более широкий круг нашей технической научной общественности; таким путем нам удастся более широко и глубоко разработать все эти проблемы, и тогда проблема Большой Волги выявится более рельефно, и будет дано подтверждение не только со стороны технических сил нашей страны, но также и экономистов.

Председатель. Слово для доклада на тему «Транспортно-энергоирригационный комплекс Волжского бассейна в системе производительных сил СССР» предоставляется Г. И. Чарданцеву.

Г. Н. ЧАРДАНЦЕВ

ТРАНСПОРТНО-ЭНЕРГО-ИРРИГАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА В СИСТЕМЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ СССР

При выяснении перспектив развития народного хозяйства в районах Большой Волги мы прежде всего заинтересовались определением границ этого народно-хозяйственного комплекса.

Основная концепция, нами положенная в основу выделения народно-хозяйственного комплекса Большой Волги, это — рабочая гипотеза, куда входит реконструкция транспорта, энергетики и ирригации бассейна Большой Волги.

Эта концепция при выделении этого большого народно-хозяйственного комплекса сочеталась с концепцией интерлокального положения районов Большой Волги между старыми основными индустриальными районами СССР. Районы Верхней, Средней и Нижней Волги представляют собой как раз индустриализирующиеся районы, лежащие в кольце старых основных индустриальных районов СССР. Таково оконтуривание этого макрорайона, в отношении которого необходимо было установить перспективы народно-хозяйственного развития. Мы должны были включить в него все те районы, развитие которых непосредственно определяется реконструкцией Волжского бассейна. Сюда входят все те районы, экономика и судьбы развития хозяйства которых существенным образом связаны с реконструкцией Волжского бассейна. Все эти районы должны были быть включены в наш народно-хозяйственный комплекс. По линии транспорта, следовательно, в этот макрорайон попали все те районы, относительно которых имеются предпосылки и предположения о соединении бассейна Волги с их водными бассейнами.

Все эти соединения — с бассейном Печоры, с Мариинской системой, с бассейнами Днепра, Дона и Оби на востоке, должны были быть охвачены нами и включены в Волжский макрорайон. Понятно, что должны были быть включены и те районы, которые охватываются предположениями реконструкции сельского хозяйства, те районы орошения, развития животноводческого хозяйства, которые устанавливаются проектами Нижней Волги и Центрального бюро Европы (ЦБЕ) Гидроэлектропроекта.

Далее, мы должны были принять в расчет и то решающее положение, что будущая гидроцентраль Волжского бассейна будет передавать потоки электроэнергии по линии высоковольтных передач и что здесь необходимо было задаться каким-то радиусом охвата этих районов, возможно предельным, при предпосылке передачи переменным током.

Наконец, очевидно, что сюда нами вообще должны были быть включены все те районы, которые охватываются притоками Волги, ибо даже при отсутствии в данный момент каких-либо народно-хозяйственных предположений по реконструкции той или другой части

бассейна Волги — на дальнейшем этапе проработки такие предположения могли создаться.

В результате мы получили огромный народно-хозяйственный комплекс, границы которого изображены на прилагаемой карте-схеме.

Эта карта-схема включает верховье Волги с системой озер, отсюда на северо-востоке граница макрорайона прорезает среднее течение Северной Двины, Печоры, охватывает Предуралье, значительную часть Урала, дальше идет на восточную часть Каспийского моря, почти по предгорьям Кавказского хребта на юге, а на западе включает восточную часть Донбасса, далее идет к северу, включает Курскую магнитную аномалию, всю основную часть ЦПР и южную часть Ленинградской области.

Понятно, что для установления перспектив такого народно-хозяйственного комплекса нам была совершенно необходима в виде помощи рабочая гипотеза, доложенная здесь З. И. Ракоши.

С другой стороны, в порядке установления географического размещения отдельных отраслей производства и их сочетания в отдельных районах нам было необходимо при установлении перспектив развития взять огромные части СССР, включенные в волжский народно-хозяйственный комплекс, в сопоставлении с другими аналогичными частями СССР, с другими макрорайонами, или оформленными известной идеей реконструкции, или, по крайней мере, имеющими некоторую общность в перспективных линиях развития.

В порядке рабочей гипотезы нами было выдвинуто сопоставление с народно-хозяйственным комплексом Большой Волги следующих макрорайонов: прежде всего Урало-Кузнецкий комбинат, его народно-хозяйственный комплекс, вторая угольно-металлургическая база с известной четкой концепцией реконструктивных мероприятий; затем на востоке от Урало-Кузбасса в огромных пространствах нашего Союза мы имеем другой макрорайон — Восточносибирский край, Якутию и Дальний Восток. Относительно реконструкции последнего, может быть, нет столь четкой гипотезы, как для Урало-Кузнецкого комбината, но в своей совокупности этот район, как базирующийся на мощной энергетической базе Ангары, Енисея, Амура и в будущем Лены, с определенными характерными перспективами развития в области тяжелой промышленности, цветных металлов, угля и химической промышленности, имеет ряд общих черт. Этот макрорайон был взят вторым для сопоставления с Большой Волгой.

Третий макрорайон мы взяли на основе известного единства производственной специализации этого района, общности черт его хозяйственного развития сегодня и отчасти в перспективе, хотя мы отдавали себе полный отчет, что здесь идет речь о двух отдельных сложных комплексах, которые совершенно условно заключены нами в одни скобки. Я имею в виду Южный Казакстан, азиатские республики и закавказскую федерацию, т. е. районы, богатые гидроэнергией, которые имеют специализацию в области сельского хозяйства по хлопководству, техническим культурам, которые имеют много общего в своей народно-хозяйственной физиономии, но которые несомненно в то же

время представляют собой, по крайней мере, два сложных макрорайона, два сложных народно-хозяйственных комплекса.

Наконец, у нас остался район первой угольно-металлургической базы: Днепр — Украина, Западный район, имеющий большие перспективы развития и являющийся пятым макрорайоном, сопоставляемым с районом Большой Волги.

В отношении развития отдельных макрорайонов и этих народно-хозяйственных комплексов мы должны были исходить из известных предпосылок, из известной, совершенно условной, общей очередности их развития. Об очередности развития этих гигантских частей СССР можно говорить, разумеется, лишь совершенно условно. Мы развивали, развиваем и будем развивать известные производства независимо от того, в каком из этих макрорайонов они расположены.

Очередность развития имеется в виду только в смысле вскрытия всех основных производительных сил района, решающих капиталовложений в него, приступа к решительной, всесторонней реконструкции.

В этом условном смысле мы исходили из той руководящей концепции, что в порядке развития на ближайшие 15 лет вперед между этими отдельными макрорайонами и народно-хозяйственными комплексами может быть установлена некоторая условная очередность.

Первая пятилетка представляла резкий подъем промышленного хозяйства в старых промышленных районах с увеличением их удельного веса, с повышением в то же время удельного веса капиталовложений в восточные районы. На последующих этапах мы предполагали некоторое замедление темпа роста старых основных индустриальных районов, с одновременным ускорением темпа роста и развития районов восточных и юго-восточных, удельный вес которых на втором и на третьем уровне развития будет повышаться с одновременным падением удельного веса (при большем абсолютном росте) старых, основных индустриальных районов.

В соответствии с такими предпосылками мы набросали весьма грубую, предварительную концепцию перспектив развития Волжского бассейна, которая не являлась концепцией генплана этих районов, а лишь концепцией именно уровней развития, т. е. известной сводкой, ориентированной на какой-то общий масштаб развития СССР и грубо сопоставленный порайонно и в известном отраслевом разрезе. Ее служебная цель — дать грубую географию для нагрузок энергоснабжения, грубое географическое размещение этих нагрузок.

Исходя из общих предпосылок развития макрорайонов, мы наметили по трем уровням очередность развития мощных гидроэнергетических систем СССР, среди которых Волга занимает одно из почетных и видных мест как по масштабу, так и по народно-хозяйственной значимости ее развития на данном этапе. Мы наметили таким образом общий вариант этого развития.

Очередность развития волжских станций, которая намечена Энергетическим институтом, докладывалась в заседании 25 ноября, и я повторять ее не буду.

Дальше, на первом уровне мы имеем Чирчик в юговосточном комплексе (в бассейне Сыр-дарьи), Сулак и Севан.

На втором уровне мы имеем Обь с Иртышом, продолжение Чирчика, Севана, начало Ангары.

На третьем уровне — Амур, развитие Ангары, дальнейшее строительство в бассейне Сыр-дарьи и приступ к развернутому строительству Аму-Дарьи. Впоследствии нами была проведена разработка и сводка районных материалов по отдельным краям и областям Большой Волги.

Эта сводка дала в масштабе от СССР такие основные показатели:

Население макрорайона Большой Волги составляет на первом уровне 49% от Союза, на втором и третьем в соответствии с усиленным развитием района, с огромной емкостью его, повышается до 53—55%, достигая на третьем уровне 111 млн. человек.

Уголь в абсолютных цифрах на первом уровне — 16 млн. т, затем 40 и 60, 14% на третьем уровне от СССР.

Чугун в млн. тонн — 1.6; 7 млн. т, 10 млн. т; на третьем уровне 20% от СССР.

Медь черновая на втором уровне — 50 тыс. т и на третьем — 100 тыс. т, 16% на уровне от СССР (на основе Бявского месторождения).

Алюминий — 70 тыс. т на третьем уровне (23% от СССР).

Химическое производство — 2.1 млрд. т, затем 6 и 12 млрд. т (до 50% на третьем уровне).

Цемент — от 10.6 до 40 млн. бочек (29% от СССР). Электроэнергия до 120 млрд. квтч. или 60% от СССР.

Такого рода масштабы развития волжского бассейна показывают, что волжский бассейн явится в порядке размещения производств одним из основных районов Союза по машиностроению, химическому производству, по развитию электроэнергии на базе волжских гидростанций. Вместе с тем волжский район является одним из главных мест обитания причем это обитание будет становиться более мощным и плотным по мере реконструкции и введения в строй системы волжских станций.

В порядке некоторого осмысливания внутренних районов Большой Волги, в отношении их производственной специализации, мы набросали небольшую гипотезу относительно внутренних районов ее, положив в основу этой гипотезы разделение макрорайона на зоны по условиям гидро-электроснабжения. Предполагаем, что до 100 км расстояния от генерирующего источника мы будем иметь узлы гидростанций, которые будут работать при напряжении высоковольтных линий в 110 кв. Дальше мы попробовали установить две зоны в пределах народно-хозяйственного комплекса Большой Волги. Первая зона будет располагаться в пределах от 100 км от генерирующего источника и до 300 км. Это зона, где высоковольтная сеть может работать при напряжении до 220 кв и куда входят основные районы реконструкции Волги, которые я вам сейчас назову.

За этой первой зоной идет вторая, располагающаяся от 300 до 600 км от генерирующего источника, где по нашим предположениям энергия будет передаваться уже при напряжении сетей в 380 кв. Эти районы, как внутренние, так и внешние, следующие.

Первый район — это ЦПР, старый основной индустриальный район, лежащий, главным образом, в междуречьи Оки и Волги. Это Волго-Окский район, который у нас исторически индустриализировался прежде всего. Для него характерно развитие машиностроения, химическое производство, электротехническое производство и текстильное производство.

Второй район — район предуральский, называемый нами условно Волго-Камским. Это район преобладающего значения химической промышленности, металлургии и лесной промышленности — лесо-химии.

Третий район — район внутренней зоны волжских гигантов и сельско-хозяйственной реконструкции, включающий Самару, Камышин, Сталинград.

Нижне-Волжский район характерен развитием химии, машиностроения, пищевкусовой промышленности. Это мощная продовольственная база.

Вокруг этой первой каймы идут: район Северного Кавказа, восточного Донбасса — Нижне-Доно-Кавказский район. Это район нефтяной, угольный, сельско-хозяйственного машиностроения и мощной пищевкусовой промышленности.

К востоку от него лежит район, захватывающий самое низовье Волги и р. Урал—Нижне-Волжско-Уральский район. Это район химии, пищевкусовой промышленности, машиностроения.

Дальше к северо-востоку и к востоку идет Уральский район — черная, цветная металлургия, химия, машиностроение.

Наконец, на севере расположен район, захватывающий Северную Двину и Печору. Для него характерны лесная промышленность, уголь, нефть. Это огромный район с богатейшими перспективами развития, непосредственно втягиваемый в реконструкцию Волги, в части транспорта и передачи электроэнергии.

Я не буду останавливаться более подробно на детальной характеристике отдельных отраслей промышленности внутри этого волжского народно-хозяйственного комплекса, так как это задача следующего доклада.

Следующий доклад осветит эти вопросы более подробно.

Председатель. Следующий доклад Е. А. Руссаковского на тему «Влияние Волжского гидростроительства на размещение промышленности».

Е. А. РУССАКОВСКИЙ

ВЛИЯНИЕ ВОЛЖСКОГО ГИДРОСТРОЙТЕЛЬСТВА НА РАЗМЕЩЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В получасовом докладе не только нельзя исчерпать, но даже трудно поставить все вопросы, связанные с влиянием реконструкции

Волги и, в частности, гидростроительства на размещение промышленности. Это заставляет меня ограничиться наиболее спорным вопросом — о размещении электроемких производств в районе Большой Волги, охарактеризовав лишь в общих чертах специализацию волжских районов.

Социалистическая специализация собственно волжских районов в разрезе ближайших 10—15 лет, в основном, — определяется их географическим положением между районами промышленного центра и Урало-Кузнецкого комбината, характером их межрайонных транспортных связей, их отдаленностью от границ, а также природными ресурсами.

Продукция машиностроения и химической промышленности, развивающихся на базе уральской черной и цветной металлургии и химсырья, в своей значительной части будет потребляться к западу от Урала, что обусловливает целесообразность частичного перемещения этих производств (машиностроения и химпромышленности) на запад — в районы, более благоприятные по условиям водоснабжения и энергетики. Комплексная реконструкция Волги выдвигает ряд волжских узлов, как пункты наиболее благоприятные для размещения этих, а также и других производств.

Преимущества географического положения волжских районов усиливаются и дополняются неповторяемыми в других местах Союза транспортными условиями.

Создаваемая на основе комплексной реконструкции бассейна Волги и соседних бассейнов единая, технически совершенная, разветвленная транспортная сеть меридионального направления пересекается рядом железнодорожных сверхмагистралей широтного направления, соединяющих их азиатские и европейские районы.

Таким образом, районы среднего и нижнего течения Волги будут соединены транспортной сетью огромной пропускной способности (при низких издержках перевозок) со всеми основными районами Союза. Если в первом и отчасти во втором пятилетии эти районы выступают, в основном, как транзитные, по которым проходит обмен между югом и севером, востоком и западом, то на дальнейших этапах волжские районы должны стать главнейшим узлом переработки этого сырья и полуфабрикатов (черные и цветные металлы, апатиты, калий, нефть, медь и др.). Особо надо отметить огромные перспективы развития в волжских районах легкой и пищевой промышленности.

Наличие трудовых ресурсов, развитого сельского хозяйства, благоприятные условия водоснабжения, местные сырьевые ресурсы и, в частности, стройматериалы обеспечивают быстрый рост промышленного развития волжских районов.

Отсутствие собственной энергетической базы в настоящее время в значительной мере лимитирует промышленное развитие Поволжья. Это иллюстрируется условиями нынешнего энергоснабжения Горьковского узла. Сооружение мощных гидроцентралей в бассейне Волги не только снимает этот лимит, не только создает предпосылки для развития здесь электроемких производств, но превращает Волгу в опор-

ную базу электрификации европейских районов Союза, в крупнейшую в мире электроводную магистраль. Транспортная реконструкция Волги позволяет осуществить водный транспорт донецких углей, что наряду с максимально возможным развитием сланцев позволит бесперебойно удовлетворять растущую по мере индустриализации потребность Поволжья в топливе.

Так обстоит дело с основными линиями специализации волжских районов.

Я перейду сейчас к наиболее спорному вопросу, с которым Г. К. Ризенкампф связывал вчера судьбы строительства наиболее мощной Волжско-Самарской гидроцентрали — к вопросу о размещении электроемких производств.

Прежде всего должен остановиться на некоторых вопросах размещения электроемких производств вообще.

При решении вопросов межрайонного размещения электроемких производств последние могут быть разбиты на две группы: а) производства, для которых электролиз или электротермия является единственным или наиболее целесообразным в техно.-экономическом отношении процессом; б) производства, в которых возможно эффективное применение и других технологических процессов. Для развития электроемких призводств второй группы огромное значение имеет себестоимость электроэнергии. Так, например, электролитическое производство водорода (для синтеза аммиака), при данной технике электролиза воды, возможно только при себестоимости энергии не выше 0.3 коп. квтч.

В волжских районах ни на одной из гидростанций мы такой дешевой электроэнергии иметь не будем. Совершенно ясно, что развитие туковой химии, развитие синтетического аммиака будет базироваться на водороде, полученном путем конверсии или газификации топлива: либо местного — сланцев либо привозного. Этот вопрос на мой взгляд окончательно еще не решен, но транспортная связь Волги с Донбассом и с Кизиловским бассейном (который может оказаться поставщиком жидкого аммиака) позволяет сделать вывод, что в том случае, если на сланцах нельзя будет добиться широкого развития туковой промышленности, то мы здесь будем иметь другие источники покрытия потребности в азотных туках, однако, без применения электрического метода получения водорода.

Что касается второй группы электроемких производств, для которых электроэнергия является единственным или наиболее целесообразным в техно-экономическом отношении методом получения данного продукта, то их размещение, а также масштабы их развития не связаны со стоимостью тока. Вот именно развитие этих производств в волжских районах непосредственно связано с сооружением волжских гидроцентралей.

Намеченный в соответствии с общими условиями развития народного хозяйства ко второму уровню[1] прирост продукции электроемких производств данной (второй) группы обусловливает прирост (от

[1] См. доклад З. И. Ракоши.

уровня конца второй пятилетки) потребности в электроэнергии и мощности порядка 10 млрд. квтч. и 1.25 млн. квт.

Теперь перейду к вопросу о том, какие же волжские гидростанции могут служить базой для размещения электроемких производств и какие виды электроемких производств в наибольшей степени увязываются с общим характером специализации волжских узлов и районов.

Прежде всего остановлюсь на районах Верхней и Средней Волги. Размещение здесь электроемких производств почти совершенно неприемлемо ни по общим условиям энергетического баланса этих районов, который весьма напряжен, ни по экономике производства электроэнергии.

Районы промышленного центра это — районы наиболее дорогой в Союзе энергии (даже в перспективе).

В отношении себестоимости гидроэнергии необходимо отметить, что здесь, в отличие от ряда других районов, себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на гидроцентралях, значительно выше себестоимости электроэнергии, вырабатываемой по тепловому графику потребления на теплоэлектроцентралях. В действительности, в среднем себестоимость энергии (без % на капитал) по гидростанциям Ярославской, Балахнинской, связанным с каналом Волго-Москва, и окским станциям — свыше 2 коп. за квтч., а себестоимость электроэнергии, вырабатываемой по тепловому графику в этих районах 1.3 коп. за квтч.

Если сопоставить капитальные вложения и себестоимость энергии на этих гидроцентралях и конденсационных станциях на местном топливе, то можно сделать вывод, что в отношении экономичности они приближаются друг к другу. Таким образом, прежде всего по условиям энергетического баланса этих районов, а также себестоимости энергии, верхне-и средневолжские станции не могут рассматриваться как базы для развития электроемких производств.

Их основное назначение огромной народно-хозяйственной значимости заключается в том, что они снимают лимит и создают устойчивое электроснабжение узлов, получающих дальнейшее развитие в силу их высокой производственно-технической квалификации, географического положения.

В несколько ином положении и по экономике производства энергии и по энергетическому балансу, в частности по потенциальным возможностям использования гидроресурсов, находятся район северо-западного Урала и район Камы.

Надо отметить, что в настоящее время на Урале проектируется и строится алюминиевый комбинат, примерно в районе Каменского, базирующийся на челябинских углях. На Урале себестоимость электроэнергии, вырабатываемой по тепловому графику, приближается к себестоимости электроэнергии в районе Камы и ее притоков, примерно около 1 коп. квтч. Принятый метод переработки бокситов в окись алюминия связан с таким масштабом теплового потребления, который определяет возможность производства здесь на базе энергии, вырабатываемой в основном по тепловому графику, около 25 тыс. т алюминия. В этих пределах строительство завода электролиза алюминия

в непосредственной близости от залежей бокситов вполне рационально. Но совершенно ясно, что вторую очередь завода электролиза алюминия тоже на 25 тыс. т более целесообразно, по условиям энергетического баланса Урала, перенести в район Камской гидроцентрали (Пермь), что возможно и по срокам строительства этих объектов. Это потребовало бы приблизительно 500 млн. квтч.

Наиболее интересным пунктом в отношении перспектив развития электроемких производств является Самарская гидроцентраль. Энергетический институт занимает в этом отношении позицию, противоположную той, которую вчера изложил проф. Г. К. Ризенкампф. Проф. Г. К. Ризенкампф связывает судьбы Самарской станции и обосновывает очередность ее вступления, исходя из целесообразности развития здесь электроемких производств, выдвигая Самарскую станцию как центр электроемких производств.

Энергетический институт (ЭИН) в этом отношении стоит на иной позиции. Самарскую станцию ЭИН рассматривает прежде всего как межрайонную централь, которая является одной из важнейших предпосылок создания Единой высоковольтной сети на протяжении от промышленных центров до Урала.

Значение Самарской централи для реконструкции всей энергетики основных районов Европейской части Союза будет посвящен доклад проф. С. А. Кукель-Краевского. Я только отмечу, что наша основная позиция заключается в том, что общие условия развития энергетики Союза требуют максимально-быстрого ввода Самарской гидростанции. Но вполне очевидно, что сооружение такой мощной гидроцентрали, как Самарская, не может пройти бесследно и для размещения электроемких производств.

Остановимся на этом вопросе подробнее.

Мощные гидроэлектроцентрали, которые представляют для электроемких производств ряд дополнительных преимуществ, прежде всего являются важнейшим рычагом а) разрешения ряда районно-комплексных проблем на базе электрификации и б) социалистической реконструкции энергетики Союза. Однако в ряде случаев развитие электроемких производств может явиться основной экономической проблемой, определяющей эффективность и очередность некоторых гидроцентралей.

За последние годы уже с достаточной ясностью выкристаллизовался ряд районно-комплексных проблем, решаемых на водно-энергетической базе: проблема Б. Волги, Сулака, Иртыша, Ангары-Енисея, Чирчика. Внутри этих проблем в результате разработки схем использования определялись первоочередные водохозяйственные узлы: Чиркейский на Сулаке, Усть-Каменогорский на Иртыше, Байкальский на Ангаре. Основные технико-экономические показатели энергетических установок этих узлов рисуются в следующем виде (см. табл. на 16 стр.).

Для характеристики нижнего предела себестоимости электроэнергии в СССР в таблицу включена одна из наиболее мощных и экономичных по капиталовложениям и себестоимостям в СССР гидроцентралей — Шаманская на Ангаре.

Комплекс	Узел	Установ. мощность в мгвт	Отдача в млрд. квтч.	Капиталовложения		Себестоим. электроэнергии коп./квт
				На 1 квт	На 1000 квтч.	
Волга . . .	Самарский	1600	9220	1400	250	0.75
Сулак . . .	Чиркейский	360	1850	700	150	0.40
Иртыш . .	Усть-Каменогорский	600	4300	700	95	0.25
Ангара . .	Байкальский	525	2820	850	125	0.30
» . .	Шаманская	2000	13360	400	55	0.25
Чирчик . .	(весь компл.)	1360	6200	700	110	0.45
Севано-Зангинский каскад . . .	Гюмуш	160	860	1100	210	0.75

Наиболее эффективное использование энергетических ресурсов Союза требует особенного внимания к крупным и экономичным ресурсам гидроэнергии востока и юго-востока Союза.

Однако анализ условий развития производительных сил этих районов приводит к выводу, что максимально-быстрое освоение этих источников связано в значительной мере с развитием электроемких производств, именно в районах и узлах локализации этих ресурсов, и, в первую очередь, в тех точках, которые могут быть быстрее освоены. Именно к таким точкам и принадлежат Чиркейский узел, Усть-Каменогорский и Байкальский.

Именно эти установки могут быть ориентированы на вступлении в эксплоатацию раньше (Сулак) или одновременно с Самарской.

Народно-хозяйственное значение каждой из этих станций рисуется в следующем виде:

а) Сулак. Чиркейская установка — первое звено в схеме использования Сулака—является одним из факторов социалистической индустриализации Дагестана. Наряду с энергетикой она решает в определенной степени задачи ирригации, создавая предпосылки орошения площадей под технические культуры.

Общая потребность района Чиркейской установки в электроэнергии, обусловленная перспективами развития промышленности на базе местных сырьевых ресурсов и сельского хозяйства (без электроемких производств), определяется примерно в 175 млн. квтч, при максимуме порядка 35—40 мгвт. Часть этой потребности может быть покрыта Гергибельской гидроцентралью и Махач-Калинской ТЭЦ. На долю Сулака приходится не свыше 30 млн. квтч. и 10 мгвт. Таким образом, сооружение Сулакской гидростанции в 1940—1942 г. неразрывно связано с созданием электроемких производств алюминия и абразивов на базе зиглинских алунитов.

Высокая экономичность этой установки, решающей проблему индустриализации Дагестана, изученность, возможность введения в эксплоатацию в середине третьего пятилетия, относительно небольшой абсолютный размер капиталовложений выдвигают эту станцию в качестве первоочередной установки, с которой не могут конкурировать остальные.

Усть-Каменогорская гидроцентраль на Иртыше решает полностью проблему энергоснабжения полиметаллической базы союзного значения — Алтая. Однако анализ перспектив развития этого района в системе производительных сил Казакстана и УКК показывает, что с учетом существующих и строящихся гидроцентралей дополнительная потребная мощность (без электроемких производств) ограничивается 100 мгвт. Таким образом, судьбы быстрейшего освоения и этой гидроцентрали также будут связаны с развитием электроемких производств. Наиболее целесообразно здесь, при наличии местных ресурсов, развитие производства синтетического каучука из карбида.

Неповторимые условия развития производства синтетического каучука (сочетание дешевой энергии с дешевым углем — черемховским) намечаются в бассейне Ангары и, в частности, ее первоочередных установок.

Приведенный анализ показывает: а) сопоставленные с Самарской гидроцентралью установки по капиталовложениям в 2 раза, а по себестоимости электроэнергии в 2—3 раза ниже первой, их быстрейшее введение в эксплоатацию эффективно для энергетического хозяйства; б) по общим условиям развития народного хозяйства соответствующих комплексов, освоение гидроцентрали юго-востока и востока Союза связано, прежде всего, с развитием электроемких производств; в) сооружение этих централей не имеет такого значения для реконструкции энергетики соответствующих районов, какое имеет Самарская гидроцентраль для реконструкции энергетики Поволжья и других районов Европейской части Союза.

Анализ очередности развития отдельных гидроэнергетических комплексов в соответствии с условиями развития народного хозяйства, приведенный в докладе проф. Чарданцева, показывает, что несколько ранее Самарской гидроцентрали вступит в эксплоатацию Чиркейская гидроцентраль (Сулак) и Гюмушская (Севан) и одновременно с ней (Самарской) — Усть-Каменогорская или Байкальская.

В соответствии с изложенными выводами эти гидроцентрали должны рассматриваться, в основном, как базы для развития электроемких производств. Эти установки (кроме Самарской) могут обеспечить свыше 800 мгвт мощности для электроемких производств, при общей определенной выше потребности в 1200 мгвт. Таким образом, в районе Самарской гидроцентрали, которая прежде всего должна обеспечить электроэнергией промышленность, развивающуюся в связи с общими, намеченными выше линиями специализации этих районов, ирригацию, другие отрасли сельского хозяйства и коммунальное хозяйство, должно быть намечено развитие электроемких производств с потребной мощностью не свыше 400 мгвт и около 3 млрд. квтч. электроэнергии.

Необходимо отметить, что развитие в таких довольно крупных масштабах электроемких производств в Самарском узле целесообразно по балансу мощностей электросистем Б. Волги.

Действительно, из предыдущих докладов видно, что волжские гидростанции отличаются тем неприятным свойством, что в течение весеннего половодья их мощность резко снижается. Примерные подсчеты показывают, что общее снижение располагаемой мощности при сооружении всех волжских гидростанций достигнет 2 тыс. мгвт, что могло бы потребовать значительных тепловых резервов и, таким образом, значительно ухудшить экономику использования волжских гидростанций.

В специальном докладе по энергетике будет указан целый ряд методов компенсации этого снижения без создания специального парового резерва. В виде одного из методов компенсации можно предложить выключение на этот период, который длится в течение 10—15 дней, таких производств, на экономику которых это окажет наименьшее влияние. Естественно, что такими производствами прежде всего являются электроемкие производства, характеризующиеся высокой производительностью труда, и для ряда которых удельные капитальные вложения, отнесенные к квт потребляемой мощности, ниже, чем соответствующие капитальные вложения даже в тепловые станции.

Надо сказать, что в том случае, если все же будет признана в целях компенсации этого снижения необходимость введения дополнительной мощности тепловых станций, то последнее может быть проведено путем увеличения конденсационных частей теплофикационных аггрегатов. При этом следует ожидать появления сезонной мощности 6—7-месячной, которая может быть рационально использована для развития электроемких производств.

Однако надо сказать, что не всякое электроемкое производство при своей экономике может работать на таких сезонных мощностях. К сезонным производствам может быть отнесено производство карбида кальция и ферросплавов.

Перехожу теперь к последнему вопросу: какие же из электроемких производств целесообразно располагать в Самарском узле, в соответствии с промышленной специализацией этого района? Главнейшими потребителями электроэнергии 2-й группы электроемких производств в третьем пятилетии будут являться алюминий, синтетический каучук и ферросплавы.

На первое место среди электроемких потребителей Самарского узла должно быть поставлено производство алюминия.

Действительно, машиностроение Самарского узла, находящегося в непосредственной близости от Южного Урала, Орско-Халиловского района, будет базироваться на качественном черном металле этих районов; Самара представляет также оптимальный пункт для электролиза блявской меди. Сочетание в этой точке качественных металлов, меди и алюминия, при транспортных связях Самары, создает неповторяемые предпосылки для развития квалифицированного

машиностроения, автотракторной и электротехнической промышленности.

В соответствии с общими масштабами производства алюминия к этому уровню здесь можно ожидать производства 50—60 тыс. т алюминия. Самара выдвигалась неоднократно как благоприятный пункт для развития резиновой промышленности.

Это создает предпосылки развития здесь производства синтетического каучука из карбида-кальция порядка 30—40 тыс. т (основными районами производства синтетического каучука, как было указано, должны явиться гидроцентрали востока и юго-востока). Наконец, здесь целесообразно развитие производства ферросплавов, особенно в том случае, если уточнение баланса мощностей покажет наличие сезонной мощности (не ниже полугодовой). Анализ межрайонного размещения ферросплавов показывает, что в районе Волги будет целесообразно развитие ферромарганца и ферромарганцо-феррохрома при потребной мощности порядка 75 мгвт.

Суммарная нагрузка электроемких производств при запроектированных масштабах развития определяется в 350—400 мгвт. Выключение их в период весеннего снижения мощности гидроцентралей с перенесением на этот период ремонта явится действенным фактором компенсации этого снижения.

Этим ограниченным количеством — 50 т алюминия, 30—40 тыс. т синтетического каучука и группой заводов ферросплавов и должно ограничиться развитие электроемких производств в районе Большой Волги. Остальная энергия должна рассматриваться как энергия, вливаемая в общую высоковольтную сеть европейских районов Союза в целях повышения экономичности, надежности и устойчивости электроснабжения этих районов.

Я хочу еще раз остановиться на основной линии расхождения. Мы не выдвигаем электроемких производств в виде фактора, обосновывающего очередность и эффективность сооружения Самарской гидроцентрали. Мы выдвигаем Самарскую гидроцентраль как чрезвычайно важное, на определенном этапе даже решающее, звено реконструкции энергетики Европейской части Союза и только. По этим соображениям Самарская гидроцентраль выдвигается как первоочередная и несколько задерживает темпы гидростроительства в других районах, где сооружение гидроцентралей связано в основном с созданием электроемких производств. В силу этого мы и считаем необходимым развить в Самаре некоторые электроемкие производства.

Председатель. Центральными вопросами работы Энергетической секции являются следующие три вопроса:

Первый вопрос — относительно принципов размещения электроемких производств в Волжском районе. Второй вопрос — места развития электроемких производств и третий вопрос — проблема использования некоторых потребителей для регулирования графика нагрузки.

Этими вопросами размеры дискуссии не ограничиваются. Могут быть внесены любые дополнения. Переходим к дискуссии.

ПРЕНИЯ

Акад. С. Г. Струмилин. Я хочу сделать несколько замечаний по всем докладам.

Начну с последнего — относительно электроемких производств, в связи с волжскими станциями. Они действительно будут давать довольно дорогую энергию для того, чтобы нормально пользоваться ею для электроемких производств. Здесь надо, однако, обратить особое внимание на специфические особенности этих станций и на возможность использования отбросной их энергии для электроемких производств. Самарская станция и, в особенности, более южная Донская станция будут обслуживать сельское хозяйство, очевидно, только в летнее время. Что будет делаться зимой с энергией Донской станции, которая как будто целиком будет направлена на орошение, пока совершенно неясно, а между тем вода все-таки будет течь и зимой, и эту энергию можно и должно как-то использовать. Само собой разумеется, что нормальные производства, малоемкие в отношении энергии, но весьма трудоемкие, превратить в сезонные производства только зимнего масштаба нецелесообразно. Возможно, что как раз зимнюю энергию будет вполне уместно использовать для таких производств, которые не требуют много труда, но требуют много энергии, энергия окажется вообще сравнительно дешевой, потому что это будет в известном смысле «бросовая» энергия; в противном случае, ее нельзя будет целесообразно использовать. Это же самое, вероятно, будет относиться и к ряду других гидроэнергетических станций в системе Волги. Если вы составите какой-нибудь план — десяти-или пятнадцатилетку для района, у которого нет органов управления, то этот план, все равно, потом придется разбить применительно к существующим районам. Это — с одной стороны. С другой стороны, по идее, положенной в основу районирования, эти макрорайоны какие-то очень упрощенные. Какая же идея положена в основу макрорайона? Очерчен круг по определенному радиусу возможности использования энергии от каких-то определенных централей, т. е. район объединяет равенство условий снабжения от одного энергетического центра. Но ясно, что если станция достаточно мощная, то возможно с одинаковым успехом снабжать энергией с этой централи и совершенно разные районы. Мы думаем о таком кольцевании станций, которое обеспечит межрайонное использование энергии, но это не может служить принципом для районирования. Тем более неправильной является установка, когда определяется один и тот же трехсоткилометровый или иной район вокруг каждой станции, а между тем этих станций иной раз не хватит и на 100 км. Что же это за район? Исходя из идеи энергетики, очерчен одинаковый радиус, отходя от каждой станции, и на 8 млрд. квтч. и на 4 или 2 млрд. Это какие-то невинные упражнения, но вовсе не районирование, и докладчик мог бы без всякого для себя ущерба избавить себя от этой части изложения.

Представляется весьма интересным рассмотреть удельный вес проблемы Большой Волги в общем объеме страны. Сказать, что там такой-то процент населения, такие-то будут темпы роста по сравнению с темпами для всей страны — это имеет также еще некоторый интерес, но эти макрорайоны вам ничего не могут дать.

Теперь несколько замечаний о докладе З. И. Ракоши. Должен прежде всего сказать, что уровни, о которых нам здесь докладывал З. И. Ракоши, у меня не вызывают никакого протеста по существу тех величин, которые оглашались. Это вполне правдоподобные уровни. Если подходить к этому делу как к экспертной оценке, то они могут быть поддержаны. Например, если их сравнить с аналогичными гипотезами Н. А. Ковалевского, которые давались несколько лет тому назад, то это несомненно шаг вперед. Однако, если подойти со стороны того, как получены эти цифры с точки зрения методологии, развивавшейся докладчиком, то, мне кажется, что лучше было бы, если бы докладчик доложил свои результаты без всякой методологии.

Сначала у него идут общие предпосылки на этот период. Задача второй пятилетки, которую мы сейчас строим, — уничтожение классов, а на следующих две пятилетки задается, согласно докладчику, уничтожение противоположностей между городом и деревней. Я понимаю, что на каждую пятилетку не хватит таких заданий, как уничтожение классов. Задание уничтожения противоположности между городом и деревней грандиозное, но почему оно распределяется на две пятилетки, а не на три или четыре? Если предположить, что к 1937-му г. будет уничтожена эта противоположность, то означает ли это, например, что к этому году Ленинград и Москва приобретут более деревенский вид? Большие города исчезнут, как говорил Энгельс. Имея в виду уничтожение противоположностей между городом и деревней, предполагает ли автор уничтожение Москвы и Ленинграда к своему третьему уровню? Я не думаю, чтобы он так далеко зашел. Таким образом, я считаю, что эта предпосылка ему ничего не дала в последующем. Поэтому он мог бы о ней ничего не говорить.

Перейду теперь к другой основной предпосылке. Автор задается определенным темпом роста производительности труда. К концу третьей ступени будет 350% нынешнего уровня. Почему 350, а не 250 и не 450%? Говорят, что нам нужно догнать и перегнать Америку. Если рассматривать дело только с точки зрения желательности, то я бы предпочел, чтобы было 450%, а не 350. Еще лучше 750%. Я считаю, что как будто бы одной желательности здесь маловато. Для того, чтобы задаться какой-то производительностью труда, нужно иметь обоснование для этого в росте энергетики и росте возможных капиталовложений. Откуда его взять? Для этого нужны какие-то сведения о производительности труда. Здесь у докладчика получается порочный круг, из которого никак не выйти.

Докладчик задался ростом производительности только в одной промышленности, игнорируя сельское хозяйство. А между тем народный доход получился, хотя, как известно, он складывается не только из промышленности. Как же получился у автора народный

доход — неизвестно, да и не может быть известно, потому что тут сплошной произвол.

Далее, вопрос о пропорциях. Докладчик говорил о пропорциях между различными отраслями производства, как о чем-то весьма устойчивом, приводя сопоставление между Европой и Америкой, которое подтверждает этот закон пропорциональности. Я думаю, что если имеется известная устойчивость пропорций для данной формации, то при переходе от одной формации к другой ее во всяком случае нельзя предполагать. У нас получается, что социалистическое общество в 1947 г. должно строиться на таких же пропорциях, как капиталистическое общество. А верно ли это? У нас была в теоретической литературе дискуссия по этому поводу, и, как будто бы, такое перенесение пропорций капиталистических на наши условия считается совсем неправильным и недопустимым. На практике оказывается, кстати, что это и не нужно было, потому что автор, исходя из того, что пропорции должны быть одинаковыми, дает, в конце концов, совершенно новые пропорции: чугун растет в 7 раз, алюминий в 30 раз; автор прекрасно понимает, что на практике должны возникнуть совершенно другие пропорции. Тут концы с концами совершенно не увязаны. Поэтому я полагаю, что лучше было бы, если бы докладчиком даны были только выводы, но не было бы тех посылок, из которых они получились.

Нужны ли все-таки эти выводы как общая концепция генерального плана? Я считаю, что очень нужны и полезны. Ведь совершенно неважно — вырастет ли в 3.5 раза производительность труда именно к 1947 г. Допустим, что не к 1947, а к 1945 или 1950 г. она вырастет в 3.5 раза, но, несомненно, такой год наступит, когда производительность будет в 3.5 раза больше, чем теперь. Стало быть, все эти планы будут правильны. Мы не календарный план строим, а это только первая наметка генерального плана. Итак, важно лишь указать, что через известное число лет, когда мы пройдем через такой-то уровень, для нас будут посильны такие-то задачи. Быть может, их можно будет осуществить раньше 1947 г., от этого не меняется вся концепция.

Почему это важно? Потому что если принять концепцию Г. К. Ризенкампфа, то необходимо отказаться от постройки станции в Камышине. Наоборот, если мы включим в план Камышинскую станцию, то мы уже не должны до Камышина строить в затопляемой зоне никаких крупных заводов, чтобы не вышло такого промаха, как с Кузнецком. Для Сибири не было такой наметки генерального плана, как теперь для Волги. И вот оказалось, что город Кузнецк и заводы построены в затопляемой зоне по проекту, аналогичному тому, который строит Г. К. Ризенкампф для Волги, иначе говоря, построены в такой зоне, где теперь нарушена возможность энергетического использования имеющихся там вод. Разумеется, что генеральный план и строится для таких установок для того, чтобы самим себе потом дела не испортить, чтобы знать, что эта гипотеза требует таких-то установок, учитывая, что здесь будет такой-то уровень воды и т. п.

В заключение подчеркиваю, что эти цифры правдоподобны, к ним было вполне уместно придти, но их нельзя рассматривать как какой-то план, как проект календарного значения, подкрепленный солидной экономической аргументацией.

Акад. П. П. Маслов. Я начну с некоторого возражения акад. С. Г. Струмилину, подвергнувшему довольно жестокой и глубокой критике доклад З. И. Ракоши. Акад. С. Г. Струмилин в некоторой степени исчерпал те возражения, которые я хотел сделать. Он согласился с тем, что цифры роста продукции, намечаемые докладчиком, необходимы и желательны в плане строительства, но полагает, что лучше было бы их не обосновывать. Я же скажу: раз эти цифры нужны, нельзя их брать с потолка; их нужно обосновать. Значит, можно критиковать обоснование, но что обоснование должно быть — это совершенно ясно. Обоснование нужно, но, как правильно заметил акад. С. Г. Струмилин, оно было в докладе недостаточно. В чем же недостаток этого обоснования? Здесь уже говорилось, что рост производительности труда в 3.5 раза — взят произвольно. Для того, чтобы говорить о достаточности трудовых ресурсов для данной ступени развития хозяйства, нужно, чтобы рабочих было достаточно; развитие тяжелой промышленности требует увеличения рабочих за счет сельского хозяйства. Значит, предполагается перераспределение рабочих сил из сельского хозяйства в промышленность. В каких условиях возможно это перераспределение? Оно возможно в том случае, если в сельском хозяйстве производительность труда повысится в несколько раз. Только при этом условии возможно то перераспределение производительных сил, которое вызывается необходимостью индустриализации.

Следовательно, надо выяснить, в какой степени увеличится производительность труда в сельском хозяйстве. Нельзя ограничиваться только примерным определением роста производительности труда, а надо вычислить, какое количество рабочих может перейти из сельского хозяйства в индустрию, и какая производительность труда должна быть в сельском хозяйстве, потому что сокращение количества рабочих в сельском хозяйстве должно сопровождаться очень сильным повышением выпуска сельскохозяйственной продукции. Я думаю, и докладчик и все согласятся с тем, что увеличение продукции сельского хозяйства должно произойти в несколько раз. Эта сторона не затронута докладчиком, и поэтому вторая половина доклада является совершенно, по нашему мнению, необоснованной.

Далее, процесс развития народного хозяйства выражается в увеличении доли затрат с многолетней эффективностью, по сравнению с увеличением доли затрат с краткосрочной однолетней эффективностью. Чем выше уровень экономического развития, тем выше затраты с многолетней эффективностью. Собственно говоря, прогресс техники — введение машин — и заключается в том, что затраты с многолетней эффективностью занимают все больше и больше места во всем народном хозяйстве. Когда мы намечаем план развития хозяйства, мы должны прежде всего наметить то изменение соотношения затрат с многолетней и однолетней эффективностью, которое должно быть в течение

определенного периода времени: пятилетнего, десятилетнего, пятнадцатилетнего и т. д.

Это изменение соотношения является в то же время изменением соотношения затрат на производство предметов личного потребления и на производство средств производства.

Всегда при техническом прогрессе требуется относительно больше производства средств производства, чем производства средств личного потребления, и это изменение соотношения затрат должно быть поставлено в первую очередь.

Докладчик полагает, что производство предметов личного потребления за это время должно повыситься в 10—15 раз; это значит, что производство средств производства должно увеличиться не в 10 — 15 раз, а минимум в 20 раз, иначе технического прогресса не будет, ибо технический прогресс есть изменение соотношения производства средств производства по отношению к производству предметов личного потребления. У докладчика получается как раз обратно: производство предметов личного потребления увеличивается в 10—15 раз, а производство средств производства увеличивается в 7—10 раз. Здесь пропорция нарушена потому, что докладчик совершенно не принял во внимание соотношения всех долей народно-хозяйственного производства, а между тем без этого все планы будут писаны на воде. Поэтому нужно коренным образом пересмотреть все эти проблемы, хотя, как говорил другой оппонент, в общем цифры, без всяких обоснований, как будто бы подходящие. Я тоже считаю, что приблизительно такими будут темпы развития хозяйства, но надо это чем-то обосновать.

Михайлов. Я хочу высказаться не о том, что уже сделано по этим вопросам, а о том, что еще следует сделать. Я считаю, что Большая Волга — такое крупное строительство, которое потребует колоссальных капиталовложений. На изыскания не только технические, но и экономические можно потратить достаточно крупные суммы, и они вполне себя оправдают. Поэтому работы, о которых здесь докладывали, ни в коем случае не могут остановиться на этой весьма предварительной стадии; одной из самых важных наших задач будет расширение этих работ.

Я не буду критиковать ни первого ни второго доклада. Всем присутствующим ясно, что при желании можно их разбить совершенно, потому что, конечно, обоснования действительного развития народного хозяйства в них мы не найдем. Но, тем не менее, я могу согласиться, что цифры эти интуитивно даны правдоподобно. Для других целей мне пришлось проверить некоторые из этих цифр. Мы проверяли цифру металла методом баланса и построили баланс потребления и производства металлов, и получилось совпадение — 50 млн. т на 1947 г. Я не буду останавливаться на тех приемах, которыми должен строиться такой народно-хозяйственный план, но одно несомненно—этот план должен даваться в более конкретной форме.

Оба доклада рисуют не план народного хозяйства, а призрак его, бесплотную тень, совершенно недостаточную для обоснования станции на Волге, для обоснования энергетического хозяйства. Не говоря

о том, каким путем надо строить гипотезу об уровне народного хозяйства, необходимо, чтобы все цифры были проверены балансовым методом. Надо наметить количество тракторов, автомобилей, крупнейших машин. Так как при развертывании, хотя бы цифры производства металлов, сразу сталкиваешься с вопросом качественного металла, ответ на который будет зависеть от количества автомобилей, машин и т. д. В соответствии с этими количествами потребность в качественном металле будет колебаться для 1947 г. от 5 до 15 млн. т.

Если принять в 1947 г. производство автомобилей в 4 млн. штук (если мы хотим догнать Америку), то потребуется около 15 млн. т качественного металла. Его придется получать с помощью электрометаллургии. Как это повлияет на концепцию Самарской станции? Я думаю, довольно сильно. Из заслушанного нами доклада этого вывести нельзя.

Еще один пример—каучук. Нам потребуется вероятно к 1942 г., примерно, около 1 млн. т каучука, а к 1947 г. эта цифра начнет, вероятно, увеличиваться до 3 млн. т. Говорить, что мы при этих условиях сможем ограничиться установкой на Волге 40 тыс. т — невозможно, потому что методом спиртового каучука этих количеств не получить, и надо будет переходить на кальций—карбид и нефть, и в таком случае ни о каком алюминии на Волге не может быть и речи. Вот почему картину нашего народного хозяйства надо конкретизировать.

Далее, давать в условиях нашего хозяйства план народного хозяйства без сельского хозяйства — совершенно невозможно. Ведь мы не Бельгия. Это усугубляется еще и тем, что тут мы сталкиваемся с вопросом химии и химических удобрений. Строить же химию, не имея ясной картины сельского хозяйства, невозможно.

С выводами доклада Е. А. Руссаковского я согласен почти целиком; его доклад является наиболее живым.

Условием для размещения производительных сил и для нахождения потребителя в докладе фигурирует себестоимость энергии гидростанций. У меня возникают некоторые возражения против способа исчисления себестоимости на гидростанциях.

Здесь идет речь не о себестоимости экономической, не о тарифе, а о влиянии этого конкретного производства на размещение конкретных сил. Следует поэтому говорить о том, сколько действительно стоит энергия гидростанций народному хозяйству; я думаю, что ток гидростанций стоит народному хозяйству в действительности значительно меньше. Почему докладчик считает такие статьи, как амортизация плотины? Считая срок службы плотины в 100 лет, берут амортизацию в 1%. От этой амортизации плотины зависит стоимость тока гидростанции. Я считаю, что плотина — вечное сооружение, в экономическом смысле слова она амортизации не имеет. Что такое амортизация с народно-хозяйственной точки зрения? Имеются отрасли народного хозяйства, которые постоянно воспроизводят подлежащие замене части основного капитала. Такой отрасли народного хозяйства, которая производила бы замену плотин электростанций, в народном хозяйстве нет и быть не может. Плотина может погибнуть, например в случае ката-

строфы, и тогда ее заменят. Конечно, плотина ремонтируется; следует, однако, отметить, что стоимость ремонта идет обратно пропорционально стоимости сооружения, а не прямо пропорционально. Чем дороже сооружение, тем оно будет прочнее, и тем меньше будет стоить его ремонт.

Поэтому фактические затраты народного хозяйства на производство тока, эксплоатационные затраты гораздо меньше, и поэтому, когда говорят, что на Волге нельзя ставить плотину, потому что здесь ток стоит столько-то, а на Чирчике можно ставить плотину, потому что там ток стоит столько-то, то это неверно. Ставить можно там и здесь.

Но, тем не менее, волжские станции не могут служить, конечно, основными источниками для возмещения электроемких производств, и в этом смысле установка Института энергетики правильнее в сравнении с установкой Г. К. Ризенкампфа. Но мотив другой: здесь станции нужны для других целей прежде всего потому, что это район вообще дефицитный в энергетическом отношении, и, во-вторых, судьбы этого района это—размещение крупной обрабатывающей промышленности. Рассмотрение Волги как пополнения к Уралу—идея совершенно правильная. Но эту идею нужно разработать гораздо более детально. Я, например, полагаю, что этот четырехугольник — средний и южный Урал, Самара и Чебоксары—этот большой район будет районом крупной автопромышленности и квалифицированного машиностроения.

При определении роли Волги и волжских гидростанций следует иметь в виду еще одно существенное обстоятельство: надо в гораздо большей степени учитывать водный путь Волги как фактор, влияющий на размещение.

Особенность этого водного пути заключается, в отличие от того экономического влияния, которое оказывают на размещение железные дороги, в следующем. Для железных дорог верно положение: чем больше продукт обработан, чем выше его удельная ценность, тем он является более транспортабельным. Поэтому мы стремимся к обработке сырья на месте добычи и к транспорту вещей, содержащих в себе большую удельную ценность.

Но это положение неверно для водного транспорта. Особенность водного транспорта, о котором мы будем говорить специально в транспортной секции, заключается в том, что водным транспортом более удобно перевозить сырье по ряду причин. Это транспорт преимущественно сырьевой, и особенность Волги будет заключаться в том, что Волга будет перемещать, если можно так выразиться, сырьевую базу промышленности. В этом заключается ее роль. Это не перемещение готовых продуктов, а перемещение сырьевой базы. Отсюда вытекают многие важные следствия.

В частности, следовало бы подсчитать, не удобнее ли халиловский металл в виде руды перевозить по Волге и работать на донецком угле. Может оказаться, что это будет удобнее, чем работать халиловский металл на другом угле, в случае Волго-Донского канала. Может оказаться далее, что химическая промышленность, которая до сих пор тяготела преимущественно к источникам сырья, будет находиться

в районах потребления, потому что доставлять туда химическое сырье очень легко.

Этот фактор размещения производительных сил должен быть обязательно учтен. Эту группу вопросов следует подвергнуть основательной разработке. Но для того, чтобы конкретно ответить на ряд детальных вопросов Волги, нужно иметь живой, облеченный в конкретные балансы, народно-хозяйственный перспективный план — генеральный план развития народного хозяйства.

Сегаль-Бернштейн. Мне кажется, что необходимо для уточнения всей картины развития Волжского района как района, осваивающего крупные гидромощности, произвести внутрирайонную экономическую классификацию гидростанций по таким признакам:

1) Гидростанции специального назначения, не вызывающие изменений в энергетике того экономического подрайона, где эта или иная гидростанция будет возникать.

2) Гидростанции, которые будут видоизменять энергетику района, будут преобразовывать дальнейшее развитие экономики данного района, гидростанции район о образующего значения.

В докладе Г. Н. Чарданцева мы не имели внутри-районной характеристики всего волжского массива. Между тем совершенно ясно, что степень народно-хозяйственной освоенности и энергетической подготовленности отдельных участков всего Волжского индустриального района не одинакова, и подход к Самаре это не тот подход, который должен быть к валдайским гидростанциям.

Такая экономическая классификация гидростанций необходима для того, чтобы: 1) определить степень и характер комплексности использования водных ресурсов по отдельным объектам, внутри-районным группам и во всем районном комплексе, 2) правильно наметить экономическую специализацию гидроустановок, учитывая при этом плановые этапы развития района, 3) установить, в соответствии с этапами планового развития, взаимосвязь тепловых и гидравлических установок, 4) подойти на основе ведущей роли энергетики к построению профиля гидроэнергетических районов для того, чтобы в конечном счете добиться единства производства и потребления энергии в сочетании с комплексным потреблением воды. Это — первое замечание.

Второе замечание такого порядка: у нас отсутствует четкое уяснение вопросов потребления продукции тех электроемких производств, которые в различных вариантах намечаются для многих районов не только для Волги, но и для Ангары, Сулака и т. д. Экономическую классификацию электроемких производств, которую дает Е. А. Руссаковский, надо перестроить и дополнить.

Группировка электроемких производств по возможности сочетания различных способов производства или исключительного применения электролиза не вскрывает ряда существенных обстоятельств. Необходимо знать, какие реконструктивные изменения вызовет развитие энергоемких производств, не только внутри района их размещения, но и в масштабе всего народного хозяйства.

Надлежит выяснить, какие мероприятия нужны для того, чтобы обеспечить внедрение в народное хозяйство продукции электроемких производств. Развитие гидроэнергетического строительства в районе и возникновение электроемких производств подчинены определенному порядку плановой очередности.

Для решения взаимосвязанных вопросов очередности гидростроительства и размещения электроемких производств следует определить, в какой мере подготовлено потребление продукции электроемких производств по этапам, и зависит ли и в какой степени дальнейшее развертывание гидроэнергетического строительства от возникновения электроемких производств (освоение производства химических удобрений и развитие ирригации, производство качественного металла и развитие строительного машиностроения).

Экономической классификации электроемких производств, помогающей вскрыть: изменение тем или иным из этих производств профиля района, подготовленность электроемких производств в отношении потребления, необходимые затраты в смежных отраслях народного хозяйства, вызываемые развитием электроемких производств, — такой экономической классификации мы еще не имеем.

Третье замечание. Не следует забывать, что ряд районов востока находится сейчас в процессе завершения своего окончательного формирования. К таким районам относится Кузнецкий бассейн, который нельзя мыслить просто в составе Урало-Кузбасского комбината, а следует мыслить в несколько расчлененной форме, т. е. в виде образования самостоятельных, хотя и связанных общей генеральной связью, хозяйственных комплексов. Я имею в виду Кузнецкий комплекс, затем проблему орошения Западносибирской низменности, комплексную проблему Кулундинской степи. Поставить эти проблемы на вторую очередь и не сравнить их ни с Волгой, ни с теми задачами, которые могли бы стать по линии экономического отбора как внутриволжского комплекса, так и внутри всего народного хозяйства, нельзя. Следует учесть, что эти проблемы разрешаются, что Кузбасский комплекс включает в свои ряды, во вторую пятилетку, второй Кузнецкий металлургический завод, что вопрос развития цветной металлургии в районе Иртыша становится в порядок дня. В связи с этим включение гидромощностей специального (регулирующего) значения в энергетику Кузбасса и не только специального значения, но и районообразующего (пионерного) значения, вытекает из задач освоения Кузбасского комплекса. Мне кажется, эти вопросы нужно было бы подвергнуть изучению.

Р. А. Ферман. Я хочу высказать несколько замечаний по поводу районирования, о границах районов, тяготеющих к тем или иным гидростанциям, подходя к вопросу с точки зрения исключительно электротехнической.

Г. Н. Чарданцев в своем докладе указал, что районы действия электропередач определялись с точки зрения экономичности этих передач. Первый район намечался в 300 км с электропередачей в 110-230 кв, второй район — на 600 км с электропередачей 230-380 кв. Эти границы ничем не оправданы. Технически электроэнергию возможно

передавать и на сколь-угодно большие расстояния. Опасения относительно устойчивости линии передач при современном состоянии техники (система Баума) отпадают. По признаку экономичности также трудно определить границу передач. Цифры, которые мы получили в ГИДЭП при проекте электропередач с Самарской станции в Москву, на расстояние 1150 км — расстояние, в несколько раз превышающее названные докладчиком, таковы: себестоимость транспорта энергии получается 0.9 коп.; при этом использование линии передачи было довольно слабым — меньше 4000 час.

При передаче на 900 км — при очень хорошом использовании линии в 8000 час. — себестоимость транспорта электроэнергии получается порядка 0.5 коп. Из этих цифр видно, что ограничивать линии передач расстояниями в 360 км или 600 км нельзя. Где находятся пределы — сказать чрезвычайно трудно. В этом отношении все границы, которые мы намечаем, чрезвычайно условны и не оправданы. Оправдание границ нужно искать либо в том, что мы входим в районы действия других дешевых энергоисточников, либо, в том, что более длинная передача стоит слишком дорого, либо, наконец, в том, как правильно указал акад. С. Г. Струмилин, что сама мощность станции лимитирует район передачи, т. е. мощность станции не позволяет охватить слишком большой район. Это указание, конечно, совершенно правильно. Мне кажется поэтому, что вопрос очертания районов Большой Волги сейчас не решен, и если мы сейчас исходим из каких-то определенных районов, то исходим совершенно условно, только для того, чтобы в первом туре решить нашу задачу приближенным путем.

В дальнейшем надо пойти иначе. Нельзя изолированно от всего Союза рассматривать Большую Волгу. Может быть эта мысль звучит немного смело, но надо сказать, что, как ни широка проблема Большой Волги, нам, электрикам, надо подойти еще более широко к этому вопросу. Нужно рассматривать вопрос электрификации всего Союза и вернуться к вопросу Единой высоковольтной сети. Только на основе разработки этих общих вопросов мы сможем тогда подойти к вопросам более мелким — приходится так говорить — к вопросу энергетики Большой Волги. В настоящее же время все намечаемые районы являются более или менее условными.

Д. Л. Лифшиц. Здесь определилось разное отношение к уровням народного хозяйства, которые были доложены З. И. Ракоши. Одни говорили, что уровни правдоподобны, но не обоснованы, другие говорили, что уровни как будто бы правдоподобны, но плохо или совсем не обоснованы.

Оценка уровней, в последнем счете, зависит от тех целей, ради которых предпринимались проектировки уровней. Бесспорным является то, что уровни должны показать удельный вес вложений по Большой Волге в общих вложениях по народному хозяйству; затем уровни должны стать отправной точкой для построения отраслевых уровней и, следовательно, для построения баланса потребления энергии и развития районов на Большой Волге. Вот те два требования, которые мы предъявляем и которые не требуют обоснования. Однако в этих уровнях

содержится еще нечто третье, чего докладчик, может быть, не подозревает, поскольку он об этом не говорил, и о чем здесь не было сказано.

Это третье, содержащееся в уровнях, есть норма эффективности, которая прямо навязывается всем крупным проектировкам в третьем и четвертом пятилетии. Повидимому, т. З. И. Ракоши прямо утверждает, что строительства, подобные Большой Волге, не могут найти себе место ни в третьем ни в четвертом пятилетии.

Все проектировки З. И. Ракоши покоятся на предположении, что производительная сила труда увеличивается в промышленности в 3.5 раза. Акад. С. Г. Струмилин и акад. П. П. Маслов в своих выступлениях показали, что совершенно невозможно проектировать повышение производительности в промышленности, не говоря о динамике ее в сельском хозяйстве. При этом спрашивалось, почему увеличение будет именно в 3.5 раза, а не в 10, 7 и не в 2 раза. Аргумент З. И. Ракоши (как он объяснял в Москве) гласил: если капиталистическая Америка в период с 1925 по 1929 г. могла повысить производительную силу труда на 10%, то социалистическое хозяйство может добится того же, конечно, с большей легкостью. Это бесспорно, но З. И. Ракоши, аргументируя этим положением, не указал самого главного: какой ценой было куплено это увеличение производительности труда, ибо если мы будем рассматривать повышение производительности труда как экономический процесс, то увидим, что всякому повышению производительности труда соответствуют какие-то капиталовложения. Мы можем получить удесятирение производительной силы труда в Турции на сегодня, если мы вложим там 2 млрд. американских долларов против тех 125 млн., которые уже вложены в промышленность. Естественно, что при таком огромном увеличении капитала самый труд становится чрезвычайно производительным. Поэтому, ссылаясь на американский опыт, З. И. Ракоши должен был привести и цифры капиталовложений, посредством которых были достигнуты эти повышения производительной силы труда.

Я просмотрел эти цифры и утверждаю, что это повышение производительной силы труда Америке обошлось очень не дешево: это было специфическое капиталистическое повышение силы труда, покоящееся на пожирании средств существования рабочих, которое сопровождалось почти полной стабилизацией зарплаты. Это очень интересное явление, и я предлагаю З. И. Ракоши проверить по книге «Новейшие изменения экономики», выпущенной для пропаганды этого блестящего развития Америки, книге, лежащей в основе построений З. И. Ракоши. Однако, возвращаясь к данным З. И. Ракоши, находим повышение производительности труда, оставляющее за собой далеко приводимое им повышение в 3.5 раза. Здесь указывалось, что повышение производительности труда в одной отрасли производства не характеризует движения общественной производительности труда, взятой в целом. Если взять это последнее, — надо включить все хозяйство в расчет; я это и попытался сделать на основе цифр З. И. Ракоши. Я использовал цифры акад. С. Г. Струмилина о движении населения и трудящегося населения. Еще до разработки пятилетнего плана акад.

С. Г. Струмилин дал цифры трудоспособных, трудящихся и резерва рабсилы на первую пятилетку, целиком использованные при построении первой пятилетки. Эти цифры я и положил в основу своих расчетов и получил, что З. И. Ракоши в третьей пятилетке дает увеличение общественно-производительной силы труда на 20%, а в четвертой пятилетке на 18% ежегодно, но не те 10%, которые он произносит вслух. Как видите, мы здесь удваиваем американские темпы развития. Повторяю, что в этом не было бы ничего невозможного, если бы мы получили капиталовложения, достаточные для того, чтобы вызвать такое повышение производительности труда, ибо оно всегда является результатом вложения капитала. Никаких чудес в этом смысле мы не можем ожидать в нашей стране, поскольку мы знаем ее естественные производительные силы: мы можем двигаться вперед только по мере увеличения капитала, приводимого в движение живым трудом. Когда я рассматриваю кривую капиталовложений у З. И. Ракоши, то я обнаруживаю, что капиталовложения настолько незначительны, что они предполагают какие-то непрерывные катастрофические революции в технике, скажем, бомбардирование атомного ядра, использование солнечной энергии в нашей промышленности и т. д.

Если возьмем положение, которое мы имели в первом пятилетии, то увидим, что на каждый рубль вложенного капитала производительность труда рабочего вырастала на 21 коп. Это значит, что каждый рабочий, получая в свое распоряжение рубль нового капитала, увеличивал производительность на 21 коп. В проектировках З. И. Ракоши в третьем пятилетии соответствующая цифра равна 31 коп., а в четвертом пятилетии 40 коп.

Рассмотрим социальные условия, в которых происходила реконструкция нашего хозяйства в первое пятилетие. В первом пятилетии мы имели благоприятные условия для резкого повышения производительности труда. Это давалось ценою относительно незначительных вложений капитала. Однако нужно отметить, что у нас в первом пятилетии действовали условия, подобные революции в технике: мы насаждали технику самую передовую на место старой отсталой техники. При этом надо отметить, что наша техника отставала во многих случаях на 100 и больше лет. Например, обработка одного га земли давала нам 93% экономии живого труда в совхозах и 65% живого труда в колхозах, по сравнению с единоличниками. Тут были чрезвычайно благоприятные условия для резкого скачка производительности труда вверх. Однако, несмотря на эти чрезвычайно благоприятные условия, мы имели всего 21 коп. прироста продукции на 1 рабочего. В третьем пятилетии он будет иметь технику более или менее равную и в сельском хозяйстве, и в промышленности, и все отрасли хозяйства будут реконструированы на основе высших достижений техники. Трудно признать, поэтому, правдоподобным такое резкое отклонение эффективности капиталовложений от норм первого пятилетия.

Если перевести те цифры, которые я огласил относительно прироста продукции, на движение себестоимости, то мы получаем для

первой пятилетки 15% снижения себестоимости на вложенный капитал. На каждый рубль вложенного капитала себестоимость падала на 15 коп. в первом пятилетии при стабильной зарплате, взятой в величинах 1928 г.

У З. И. Ракоши получилось, что для третьего пятилетия выходит 27%, а для четвертого — 25% эффективности.

Проектировки по Большой Волге, как мы знаем, до сих пор показывают, что стоимость шлюзов по Большой Волге едва оправдывается транспортом, и едва оправдывается гидроэнергия по сравнению с тепловой, если мы берем только 6% накопления на капитал. В другом месте я покажу еще, что означают эти 6%, и почему следует брать не 6%, но 12 или 10%.

Но если, неожиданно для самого З. И. Ракоши, его уровни требуют 28% снижения себестоимости на 1 руб. вложенного капитала, то тем самым З. И. Ракоши утверждает, что строительство подобной Большой Волги не находит себе места в третьем и четвертом пятилетиях.

Остановлюсь теперь на общем значении расчетов по эффективности для проектировки Большой Волги.

Я показал здесь, быть может неожиданно для З. И. Ракоши, что, строя уровни, мы, вместе с тем, даем и норму эффективности для капиталовложений. Когда З. И. Ракоши говорит, что он вкладывает столько-то капитала, получает такой-то прирост продукции, такое-то повышение производительности труда, то он, в сущности, здесь и намечает ту норму эффективности, невыполнение которой приведет неизбежно к невыполнению всех уровней народно-хозяйственного развития. Или, другими словами, норма эффективности становится не только нормой оценки индивидуальных эффективностей этих сооружений, но она еще является, несомненно, и методом проектирования самих этих сооружений.

Технология, как метод проектирования сооружений на Большой Волге, является вещью бесспорной, и все инженеры именно ею и пользуются. Но инженеры к норме эффективности относятся таким образом: сначала они строят проекты плотины, проекты своих сооружений, а потом спрашивают: а куда собственно годятся эти сооружения, являются ли они выгодными? Совершенно естественно, что, строя эти сооружения, они идут, так сказать, вслепую и на-ощупь во всех тех положениях, которыми определяют социальную оправданность сооружения или делают его социально допустимым. Не зная этих положений, проектировать Большую Волгу будет чрезвычайно трудно. Поэтому я считаю, что техническому проектированию Большой Волги должна уже теперь предшествовать проектировка какой-то общественной нормы эффективности, на основе которой измерялись бы индивидуальные эффективности каждого сооружения Большой Волги.

Как можно сделать эти уровни действительно правдоподобными? Каждый из выступавших говорил, что они правдоподобны, а, вместе с тем, в них содержится что-то неправдоподобное; загадка объясняется

очень просто. Движение валовой продукции, почти точно списанное с движения нашего хозяйства за первое пятилетие, бесспорно правдоподобно. Оно и придает вид правдоподобности всему построению.

Если же присмотреться к внутренним соразмерностям этих уровней, т. е. как раз к тем пропорциям, на основе которых эти уровни осуществляются, то вы увидите, что они представляются неправдоподобными. Здесь уже академики П. П. Маслов и С. Г. Струмилин это показали. Здесь много не только неправдоподобного, но явно невозможного, именно движение фондов потребления увеличивается еще быстрее, чем движение капитала. Совершенно невозможно, ни при каких социальных условиях, получить ускоренный рост фонда потребления по сравнению с капиталовложениями при повышении общественной производительной силы труда.

Как же можно исправить это положение? Здесь я считаю, что вопрос, поставленный акад. С. Г. Струмилиным, может найти точный и ясный, исчерпывающий ответ. А именно: мы можем повышать производительность силы труда не на любой процент, а на тот самый процент, который уже сложился в ходе нашего развития. Здесь же я вынужден только декларировать следующее положение: прирост накопления, или прирост темпов накопления, что и составляет эффективность сооружений, является моментом самым консервативным из всех, которые охватываются народно-хозяйственным развитием. Повышение производительности труда, как условие этого прироста темпов накопления, является также одним из самых стабильных устойчивых отношений в народном хозяйстве. Именно поэтому мы можем проектировать повышение производительности труда и исходить из этого повышения во всех проектировках уровней. Поэтому я свою формулу перевернул: оставил все условия З. И. Ракоши, но изменил абсолютное значение эффективности, т. е. сделал их равными нормам, поставленным в первом и во втором пятилетии. Получилось, что валовая продукция может быть оставлена на тех же уровнях, которые дает З. И. Ракоши, капиталовложения должны быть повышены, а не понижены, но зато фонд потребления должен быть понижен. Но здесь следует подчеркнуть, что такое исправление уровней не является единственно возможным. Можно было бы, например, уменьшить приросты валовой продукции, или уменьшить прирост производительности труда. Я остановился на предложенном решении потому, что оно дает наилучшее движение дешевой нормы потребления. Так как дешевая норма потребления включает в себя все виды потребления, в том числе и расходы на оборону, то поиски оптимального движения народного хозяйства должны происходить как поиски наилучшей нормы потребления.

А. Б. Ельяшевич. В противоположность акад. С. Г. Струмилину и П. П. Маслову и тов. Михайлову, которые считали, что у З. И. Ракоши неправильна методология, но цифровые наметки правильны, я считаю, что неправильная методология должна была бы привести, и действительно привела, к неправильным цифровым наметкам.

В самом деле, более или менее правильными представляются только общие цифры, касающиеся темпов. Если прибегнуть к весьма простому приему и взять тот ежегодный процент прироста промышленной продукции — 13—14%, который установлен на второе пятилетие, то получится, что за пятнадцать лет промышленная продукция должна повыситься в $7^1/_2$—8 раз. Эта цифра примерно верна но когда З. И. Ракоши перешел к структурным сооружениям в народном хозяйстве, то он, исходя из неправильной предпосылки, должен был притти и к неправильным выводам.

Акад. С. Г. Струмилин вскрыл совершенно правильно основную ошибку З. И. Ракоши. З. И. Ракоши исходил из того, что различным уровням техники, как, по его мнению, показывает изучение и нашего и мирового хозяйства, соответствуют определенные, довольно твердые пропорции между отдельными отраслями. Он опустил самый основной, самый существенный момент — различие в социальных системах. Если называть вещи своими именами, методологической предпосылкой для исчислений З. И. Ракоши явилась бухаринская теория. В связи с этим докладчик не дал себе труда проанализировать вопрос о том, какие же изменения в структуре отраслей промышленности вытекают из наших социально экономических отношений. Между тем не трудно указать на ряд моментов, обусловливающих совершенно иные соотношения в нашей промышленности, например: у нас нет закона неравномерного развития, характерного для капиталистического общества. Для нас, наоборот, характерно мощное развитие, поднятие производительных сил, громадный технический прогресс во всех областях народного хозяйства. Благодаря этому машиностроение у нас должно играть совершенно иную роль. Огромный рост потребности в машинах, в средствах технического подъема для всех отраслей нашего хозяйства будет чрезвычайно характерен для нашего хозяйства.

Уже сейчас ясно выявился следующий замечательный факт: в то время как в САСШ сельскохозяйственное машиностроение по удельному весу падает и играет ничтожную роль = 0.4% в 1914 г., 0.3% в 1929 г., у нас в СССР его удельный вес неуклонно растет и составляет в настоящее время 2% всей промышленной продукции. Совершенно иные у нас и темпы и характер электрификации, в иных темпах пойдут механизация и автоматизация.

Это неизбежно вытекает из сущности нашей экономики. Поэтому, когда З. И. Ракоши говорит, что машиностроение повысится в 7.5 раз при более высоком росте ряда других отраслей и при повышении легкой промышленности в 10—12 раз, то это не соответствует тем тенденциям развития, которые скрыты в нашем хозяйстве. В то же время это сводит на-нет и целый ряд его собственных проектировок — прежде всего делает сомнительным подъем производительности труда в $3^1/_2$ раза. Ошибка тов. Ракоши в том, что машиностроение не остается у нас, по его расчетам, ведущей отраслью промышленности и что его роль принижается.

Поэтому я считаю, что, поскольку для обоснования плана Большой Волги важно обосновать не только темпы развития, но и струк-

туру отраслей хозяйства, надо найти другие методологические предпосылки. Те же предпосылки, на основании которых З. И. Ракоши делает свои выводы, — неверны. Большие сомнения вызывает и другой момент, на который также уже указал акад. С. Г. Струмилин. Это вопрос о макрорайонах. Мне кажется, что идея макрорайнов не только не является сама по себе плодотворной, но определенно мешает плодотворному изучению вопроса.

Насколько я понял Г. Н. Чарданцева, основой для макрорайонирования является следующее: совокупность районов, которые будут затронуты реконструкцией Большой Волги, по существу и будет составлять макрорайон. Этот методологический принцип более чем подозрителен. Исходя из этой точки зрения можно было бы сказать, что когда мы реконструируем Донбасс, то эта реконструкция отразится и на Ленинградском районе и на Московском районе и что, следовательно, эти районы вместе с Донбассом тоже образуют макрорайон. Такая постановка вопроса несомненно неправильна. Влияние какого-либо мероприятия на целый ряд районов еще не превращает эти районы в единый комплекс, в территориально-хозяйственное единство.

Отрицательная сторона этой идеи Г. Н. Чарданцева заключается в следующем: во-первых, благодаря такому методу живое тело различных хозяйственных районов, которые представляют собою некое территориально-хозяйственное единство, разбивается на части, и планируется развитие части без учета развития всего района.

Я не уяснил, весь ли Урал попадает в этот макрорайон или только часть его и какая часть? Точно также не ясно, остается ли весь Урал или только часть его в УКК? Или, может быть, Урал одновременно находится в двух макрорайонах. Что касается Ленинградского района, то мы такого расщепления его, такого отторжения от нас некоторых частей не можем признать правильным. Мы исходим при проектировании развития района из цельности Ленинградского района, учитывая все связи.

Во-вторых, оперирование с макрорайонами, которые являются фиктивными формальными комплексами, отвлекает нас от изучения реальных экономических комплексов. Поэтому я считаю идею макрорайонов определенно неплодотворной.

Но, конечно, правильно, что реконструкция Волги затрагивает целый ряд районов, и поэтому мы должны изучать экономику всех этих районов. Но из этого не следует, что мы должны сделать из них макрорайон.

Третий момент, который я считаю неправильным, это определение районов внутри макрорайона по принципу их удаленности от узловых электростанций. Это определение представляется неправильным уже потому, что район действия каждой станции вовсе не 400 или 600 км: он может быть и очень небольшим и большим в зависимости от энергобаланса района.

Что же такое экономический район? Экономический район вовсе не определяется одним каким-то признаком. Это — определенное

территориально-хозяйственное единство, которое может основываться на разных моментах — на известной экономической однородности всего хозяйственного комплекса по совокупности социально-экономических и естественно-географических особенностей, вследствие чего и практические экономические мероприятия должны быть одинаковы во всем районе; экономический район может состоять из различных частей, которые взаимно дополняют друг друга и тяготеют друг к другу; или, наконец, целый ряд хозяйственно-территориальных образований тяготеет к одному общему центру, составляя вместе единый комплекс — район. Следует наметить такие районы и изучить совокупность их естественно-географических и социально-экономических особенностей. Исходя из совокупности и взаимодействия этих особенностей, надо наметить специфику данного района, основное направление хозяйственного развития, которое должно быть в районе, наметить ведущие и наиболее характерные для района отрасли промышленности. Учитывая то огромное значение, которое имеют в нашем хозяйстве комбинирование и кооперирование, следует очертить контур развития тех отраслей, которые должны быть комбинированы и кооперированы с основными отраслями района. Надо наметить тот спрос, который создается на базе развития всех этих отраслей, наметить, какие отрасли промышленности должны развиваться для удовлетворения местного спроса и т. п. Я не могу, конечно, здесь затронуть всю методологию районирования. Но надо было подойти к вопросу о районировании иначе, чем это сделал Г. Н. Чарданцев, надо было, исходя из совокупности естественно-географических и социально-экономических особенностей, выделить основные районы и наметить пути развития районов, придерживаясь определенных темпов.

Задача эта трудная и по существу дела — не Энергетического института. Но несчастье энергетиков заключается в том, что для разрешения энергетической задачи приходится делать наметки всего плана развития народного хозяйства, недаром же ГОЭЛРО превратилось в Госплан. Однако итти здесь так, как мы шли до сих пор, — не вполне плодотворно: в методологии З. И. Ракоши есть ошибки, которые должны быть выставлены; идея Г. Н. Чарданцева о макрорайонах направляет наше внимание не туда куда следует, а принцип построения внутри макрорайонов на основе расстояния от электростанций неправилен.

Остановлюсь еще на вопросе об электроемких производствах. Боюсь, что мои взгляды в этом вопросе несколько еретические. Я считаю, что когда говорят об электроемких производствах, слишком много внимания уделяют вопросам себестоимости и недостаточно вопросам энергобаланса и количества энергии. Поясню в чем дело.

У Е. А. Руссаковского был совершенно правильный подход в том смысле, что для тех энергоемких производств, энергоемкие процессы которых не могут быть заменены никакими другими технологическими процессами, вопрос себестоимости не играет особой роли. Но по его мнению в тех производствах, где есть конкурирующие, менее энерго-

емкие процессы производства, там вопрос себестоимости решает все. Эти производства надо ставить, по широко распространенному взгляду, там, где есть дешевая энергия. Но надо ли, в действительности, дешевую энергию употреблять на энергоемкое производство, если у нас общее количество энергии мало и эта дешевая энергия гораздо более плодотворно, с общеэкономической точки зрения, может быть употреблена на 10—15 других производств. С другой стороны, если мы имеем большое количество энергии в нашем районе и поэтому поставим в районе и электроемкие производства, то тогда не будет большой разницы, поставим ли мы их на дорогой энергии, а прочие производства на дешевой, или наоборот, потому что общая стоимость энергии, потребляемой всей промышленностью, останется одной и той же. Когда же есть количественные возможности, когда есть та энергия, которая не будет использована, если мы не поставим электроемких производств, тогда очень часто окажется целесообразным их ставить, потому что тогда, благодаря большему производству энергии, вся энергия удешевится, и народное хозяйство от этого выиграет.

К. А. Яворский. Я перейду прямо к критике той части последнего доклада Е. А. Руссаковского, которая касалась его концепции влияния гидроцентралей на размещение промышленности и, в частности, электроемких производств.

Размещение промышленности на Волге необходимо рассматривать в связи с моментами реконструкции Волги и в отношении транспорта, так как эти два вида реконструкции здесь неразрывно связаны, и не учитывать те огромные изменения, которые вносит проблема Большой Волги в деле транспорта, при размещении промышленности, невозможно.

Мне кажется, что в докладе Е. А. Руссаковского при его концепции, в основу которой положен только принцип себестоимости энергии, не учтены четыре момента: во-первых, расчленение энергии на сезонную и постоянную. Если к уровню 1937 г. и отчасти 1942 г. соотношение между сезонной и постоянной гидроэнергией на Волге не будет еще так велико, так как не вступят в работу наиболее крупные станции, то к 1947 г. оно будет настолько значительно, что может вызвать к жизни ряд электроемких производств, построенных, главным образом, на использовании сезонной энергии.

Второй момент, на который указывали отчасти и другие оппоненты, это — некоторый отрыв в проектировках Е. А. Руссаковского от текущей жизни, от тех крупнейших строек, которые уже предрешены, причем этот отрыв, мне кажется, особенно надо поставить на вид, когда говорят о 1937 и 1942 гг.

По Горьковскому краю, например, имеется правительственное решение о расширении автомобилестроения до 300 тыс. машин или вернее до 500 тыс., если считать в так называемых эквивалентных машинах, т. е. с учетом запасных частей, моторов для комбайнов и т. п. Такое автомобилестроение влечет за собой необходимость создания ряда подсобных производств в Союзе с необходимостью капиталовложений в них в 3.6 млрд. руб. Сумма, как видите, достаточно

высокая даже в свете тех вложений, которые назывались вчера (25 XI) для создания Большой Волги. Естественно, что вложения, которые делаются теперь на столь крупное расширение автозавода, неизбежно повлекут за собой расширение ряда подсобных, иногда и электроемких производств, тесно с ним связанных.

Между тем в вопросе о размещении электроемких производств совершенно исключалась возможность постановки их в районе Ярославля и Горького, исходя из высокой себестоимости здесь энергии. Для автомобилестроения и для целого ряда других производств в крае мы уже сейчас имеем ряд электроемких цехов, в частности электросталей, построенных на энергии, несравненно более дорогой, чем та, которая проектируется на гидростанциях. Дальнейшее расширение этих производств упирается в вопрос недостатка энергии, а вовсе не в ее себестоимость. Моменты себестоимости энергии отходят на второй план, уступая место необходимости кооперирования с уже имеющимися производствами.

Кроме того, мне кажется, что в вопросе о размещении промышленности упущено еще одно очень важное обстоятельство, которое касается Горького, Ленинграда и Москвы. Я имею в виду доменную плавку на торфе и на кислородном дутье, которая может внести очень крупные изменения и в промышленность и в энергетику данных районов и как раз в пределах второй и третьей пятилеток. Недавно вышли в свет печатные труды особой Комиссии по данному делу, где принимала участие и Академия Наук в лице акад. М. А. Павлова, акад. Э. В. Брицке, проф. Чекина и др.

Если эта проблема будет разрешена, указанные районы приобретают для своего машиностроения собственную металлургическую базу и, кроме того, огромное количество доменного газа, так как в случае кислородной плавки на торфу домна является в то же время особо выгодным и особо емким газогенератором.

Третий момент — вопрос о транспортной реконструкции притоков Волги, которая неизбежно должна отразиться на размещении промышленности. Я имею в виду не Оку и Каму, о которых говорилось во вчерашнем докладе, а о следующих непосредственно за ними крупнейших притоках: Суре, Ветлуге и Вятке, которые отмечены в докладе Г. К. Ризенкампфа. Если на этих реках в значительной части их течения создаются глубины в 1.5—2 м, т. е. современные глубины Волги, то эти неосвоенные в промышленном отношении районы Союза приобретают огромные перспективы развития и требуют внимательного исследования своих потенциальных возможностей. В отношении Суры к данному вопросу присоединяется еще необходимость учета моментов национальной политики, так как основная часть Суры обслуживает ряд нацменьшинств, моментов исключительной плотности населения (51 чел. на 1 км^2) и т. п. факторов, а не только одной стоимости энергии.

Необходимо в резолюциях по заслушанному докладу отметить, что при дальнейшей проработке проблемы Большой Волги все эти моменты должны быть учтены.

Наконец, последний вопрос это — о размещении нефтеперерабатывающей промышленности на Волге. О ней ничего не было сказано, хотя вопрос этот связан с проблемой Большой Волги и в транспортной его части, в отношении огромных нефтеперевозок, и в энергетической — в отношении необходимости увязки крупных тепло-электроцентралей при таких заводах с гидростанциями.

В частности, в отношении Горького недавно состоялось решение Госплана Союза о форсировании строительства здесь, или вернее в районе Дзержинска, в 30 км от Горького, крупнейшего завода с переработкой 4 млн. т нефти. По сравнению с теперешней перевозкой нефти по Волге в 6—7 млн. т, это огромная цифра. Вложения на постройку такого завода определяются в 0.25 млрд. руб. — цифра достаточно крупная в свете всех вложений в Большую Волгу. С этим заводом будет, естественно, кооперироваться целый ряд химических производств, как имеющихся в крае, так и вновь возникающих производств, достаточно важных и в то же время исключительно пароэлектроемких. Такие заводы намечены не только в Горьковском крае, но и в других пунктах на Волге, причем пуск в ход их должен быть осуществлен в 1936 г.

В какой степени это учтено автором в его проектировках в 1937 и в 1942 гг. — неизвестно. Необходимо, чтобы в дальнейших работах над проблемой Большой Волги вопрос о нефтеперегонной промышленности был подвергнут особо тщательной проработке как по линии увязки энергобаланса нефтеперегонных заводов с электробалансом близлежащих гидроцентралей, так и по линии транспорта в отношении обеспечения уже намеченных точек строительства соответствующими глубинами.

С. А. Кукель-Краевский. Темы тех трех докладов, особенно первых двух, относятся к категории тех вопросов, которые исключительно трудно разработать и невероятно легко критиковать. Как бы они хорошо ни были разработаны, здесь бесконечно широкое поле для критики.

Вы хотите, чтобы группа научных сотрудников Института, правда, с очень высокой квалификацией, которая имеет задачей составить энерго-экономические обоснования новой проблемы, которая будет разрабатываться в течение многих лет, — чтобы группа этих сотрудников сразу дала генеральный план, который мог бы быть каким-то собранием из специалистов в числе больше двух принят единогласно — ведь это же абсолютно невозможно!

Что нам нужно практически? Когда мы начали работу, еще происходила разработка проекта, и контуры того проекта, который мы вчера слышали, не были известны. Мы не знали самого масштаба, потому что было гораздо больше вариантов, чем осталось теперь. Нам нужно было иметь какую-то, хотя бы весьма грубую, рабочую гипотезу, руководясь которой мы могли бы сказать, что такой-то вариант должен быть выдвинут в первую очередь, потому что он по силам нашему хозяйству, а такой-то вариант еще рано выдвигать. Вот что было нужно.

Поэтому я и предлагал подсчитать самым грубым способом: первый уровень, при котором промышленная продукция удваивается по сравнению с тем, который мы имели в конце первой пятилетки, потом еще раз удвоенный и потом еще раз удвоенный, тогда легко будет строить, потому что будет основной масштаб, все время удваивающийся. Когда удвоится продукция промышленности, какой будет размер капиталовложений в народное хозяйство в целом? Наша группа разработала вопрос не столь упрощенным способом, но доложенные наметки вовсе не претендуют ни на что иное, как дать самую первую приближенную наметку, необходимую для дальнейшей работы. Образцом того, какой не должна быть критика, является имевшаяся здесь попытка делать на основе доклада З. И. Ракоши цифровые выкладки об эффективности. Каждый вариант дает массу таких преимуществ, такого эффекта, которые ни в какие цифры не могут быть вложены. Какими цифрами вы можете оценить создание в глубоком тылу плацдарма для развития промышленности, соединенного со всеми морями?

Правда, т. Лифшиц говорил здесь, что эффективность 16—20 млрд. руб. капитальных затрат, которые нужны для Большой Волги, благодаря гипотезе З. И. Ракоши опровергнута на том основании, что по З. И. Ракоши выходит так, что эффективность капитальных затрат, от которых эти 16.5—20 млрд руб. составляют 3%, будет 25%, а эффективность самих этих вложений только-только влезает в 6%.

Товарищи, позвольте вас спросить: где это видано, что слагаемое, составляющее 3%, определяло бы собой всю сумму? Это абсолютно никакого существенного значения не имеет. Подобное утверждение доказывает, как легко критиковать и как трудно подойти к разрешению проблемы.

Подходить так, как подходили критикующие, нельзя, надо подходить к вопросу гораздо проще. Если вы можете ту же народно-хозяйственную задачу со всеми ее важнейшими чертами выполнить каким-то другим способом, более дешево — для этого частного случая нужно определить эффективность. Для этого и необходимы были макрорайоны.

Вовсе не создавались новые экономические категории, а просто определялось, какие области затрагиваются вкладываемыми значительными капитальными затратами, причем эти области определялись вовсе не линиями передач.

Далее нам было необходимо на основании нашей гипотезы решить проблему использования гидроэнергии Волги, узнать, при каком уровне народного хозяйства можно было бы наиболее эффективно эту энергию использовать. К этому делу мы подошли с необычайно простой гипотезой.

Какой способ использования энергии будет применен в отношении волжских гидростанций, тот ли способ, который был применен в свое время к нашему первенцу — Волхову, или способ первой очереди Днепра? Т. е., представляют ли собой эти станции элемент какой-то большой системы, в которую они имеют возможность включиться и потребность которой значительно больше, чем то, что дает этот элемент, или это станции пионерские, которые создают новых потре-

бителей, новые, гораздо более мощные комбинаты, чем комбинат, созданный при первой очереди Днепра.

В сущности, судьба каждой гидростанции, станции, служащей чрезвычайно долго и амортизируемой очень медленно — современем включиться в большую систему. Но волжские гидростанции находятся в таких географических условиях, что они сразу могут включиться в большую систему. Может быть, лет 10 тому назад эту проблему было несвоевременно ставить, а сейчас — это совершенно своевременно; техника передач высоких напряжений нами достаточно освоена, и во второй пятилетке по самому минимальному варианту разовьются такие мощные системы поблизости от волжской гидростанции, которые могут поглотить первую очередь, ту очередь волжского гидростроительства, которая может быть освоена нашим хозяйством в начале третьей пятилетки.

Основная наша задача — нащупать, при каких условиях волжские гидростанции наиболее эффективно могут работать в большой системе, но при этом они не должны замедлять развития теплофикации, — Е. А. Руссаковский уже говорил, почему.

По существу дела, мы представляем себе идеальную энергетическую систему, состоящую из комбинированной гидроэнергии и энергии, получаемой от теплового потребления, и должны по возможности избегать выработки на конденсацию с теми потерями, которые неизбежны по второму закону термодинамики; если их можно обойти, надо к этому стремиться.

Волжские гидростанции отличаются известным непостоянством своей мощности, — чем больше будет система, тем легче с этим справиться. Вместе с тем волжские станции сравнительно дороги, и экономически было бы чрезвычайно тяжело, если бы к их стоимости прибавлялась еще стоимость парового резерва.

Таким образом, вопрос заключался в том: когда, при каком уровне можно создать такие условия работы при современной технике передачи больших мощностей, чтобы волжские гидростанции могли бы быть использованы без парового резерва, чтобы они в системе составляли 30—35%. При таких условиях они могут работать как Волхов, который при чрезвычайно большой изменчивости потока воды, тем не менее, работает киловатт на киловатт. В первые годы после вступления Волховской станции мы считали при планировании электрификации Волхов 30 мгвт вместо 60, учитывая, что может случиться маловодный год и он не выработает. Первые два года мы так считали, а потом бросили, потому что Волхов работает в такой большой системе, что он свою мощность всегда может выработать. Только на какой промежуток времени?

Для решения вопроса, при каком уровне народного хозяйства мы можем использовать Волжскую гидростанцию без парового резерва, и была построена эта картина, для того, чтобы охватить этот район, подлежащий изучению. Какое же количество энергии понадобится для тех уровней, которые мы наметили? Мы определили электроэнергию, потребность в паре и, таким образом, мы получили не минимум, как

говорил здесь проф. Г. К. Ризенкампф, а, наоборот, максимум, который мы можем разместить, имея достаточную свободу маневрирования, и к этому максимуму мы постепенно подгоняли размеры Волжской станции и с чисто энергетической точки зрения, и затем все это суммировали. Об этом я еще скажу в докладе об энерго-экономическом обосновании.

Что касается макрорайонов, то это такая же вспомогательная гипотеза. Мы построили несколько таких моделей, и по одной из них работала целая группа работников во главе с Р. А. Ферманом. Но как только нам пришлось коснуться основных вопросов, требовавших безусловного решения, мы затронули весь генеральный план и разработали какой-то вариант. Но, конечно, в течение пяти лет, когда будет происходить проектировка проблемы в целом, появятся новые точки, станции, новые реки; нам надо будет только установить основные принципы, которые будут положены в основу дальнейшей проектировки. Для этих основных принципов мы, как будто бы, получили достаточный материал в наших проработках. Сегодня доложена наша рабочая гипотеза. В дальнейшем мы изложим наши энергетические предположения и к концу Сессии сумеем подвести некоторые итоги: имеем ли в настоящее время достаточный материал для основных положений. Эти основные положения гласят, что можно полностью освоить проблему реконструкции Большой Волги, примерно, к такому времени, когда продукция промышленности в 8 раз увеличится. Что касается календарных сроков, то они зависят от всяких условий — и внутренних и внешних.

Мне думается, уже хорошо, если мы имеем хотя бы такую ориентировку.

Должна ли нас беспокоить затрата 16.5 млрд. руб.? Нет. 7.5 млрд. руб. на энергетику противопоставляется 50 млрд. руб., которые, все равно, надо будеть затратить на энергетику в Союзе. Если мы возьмем 16.5 млрд., которые включают и ирригацию и транспорт, они составляют 3% от всех капитальных затрат. На З. И. Ракоши нападали за то, что это слишком мало. Для такой большой задачи требуется совершенно другой счет. Мы видим, что с этим новым счетом мы не выходим за рамки капиталовложений в народное хозяйство в целом, и это нас должно успокоить.

С точки зрения энергетической мы будем ставить энергоемкие производства, поскольку это будет необходимо, но это не основное. Основное заключается в том, чтобы эту массу энергии включить в общую энергетическую систему в наиболее освоенной части СССР, что даст устойчивость снабжения электроэнергией. Ленинградцы знают, насколько Волхов повышает устойчивость электроснабжения Ленинграда. При сравнении количества аварий на Волхове и на паровых станциях, мы получим совершенно разительное соотношение. Мы получаем тут устойчивое электроснабжение. Никакая революция техники не может его опорочить потому, что живого труда тут не требуется.

(Заседание закрывается)

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

ЗАСЕДАНИЕ 28 НОЯБРЯ 1933 ГОДА

Председательствует акад. Г. М. Кржижановский.

Председатель. Слово для доклада предоставляется С. А. Кукель-Краевскому.

С. А. КУКЕЛЬ-КРАЕВСКИЙ

О МЕТОДОЛОГИИ ВЫБОРА МОЩНОСТЕЙ ГИДРОЦЕНТРАЛЕЙ В БОЛЬШОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Основная концепция использования волжских гидростанций, проводимая Энергетическим институтом Академии Наук, заключается в том, что благодаря исключительно благоприятному географическому положению волжских гидростанций они включаются в крупную энергетическую систему, в которой будут покрывать только часть максимума. Поэтому волжские гидростанции будут иметь такие широкие возможности регулирования, что смогут заменять киловатт на киловатт мощности паровых станций. Нам не нужно считать эти гидростанции вместе с паровыми резервами. Такие условия мы имеем в Ленинграде с Волховской гидростанцией и впоследствии будем иметь со Свирьской гидростанцией и нам придется при решении вопроса о выборе оптимальной мощности гидростанций и о порядке включения гидростанций иметь в виду требование о недопустимости дублирования мощностей паровых станций и гидростанций.

Цель моего доклада заключается в том, чтобы сообщить несколько методологических соображений, несколько способов, которыми мы уже пользовались в наших работах для того, чтобы определить условия, при которых эти требования осуществимы.

Прежде всего нам нужно избежать противоречий между развитием теплофикации и развитием гидроэлектростроительства. Легче всего это сделать в отношении энергии. Гидроэнергия не должна заменять собою ту энергию, которая получается по тепловому потреблению на теплоэлектроцентрали. Только в Закавказьи, на Ангаре и в некоторых других местах энергия, которая получается от гидростанций, может оказаться экономичнее и выгоднее, чем энергия, получаемая по тепловому графику с ничтожными дополнительными расходами топлива.

Энергия волжских гидростанций не может конкурировать с энергией, получаемой по тепловому графику. Если мы назовем количество энергии, потребной для района, обслуживаемого системой, в которую включена гидростанция, через $Э$, то количество гидроэнергии, которое

возможно влить в данную систему без противоречия в пределе будет равно

$$Э^{\text{гидро}} = Э - n\,Э^{\text{тепл.}}. \qquad (1)$$

Коэффициент n зависит от выбора типов теплофикационных аггрегатов. Эта величина учитывает минимальную конденсационную энергию, которую приходится обязательно вырабатывать на турбинах конденсационных с отбором пара (ко).

Этот коэффициент представляет величину от единицы—для противодавленческих турбин и до 1.2 — для турбин конденсационных с отбором.

Если разделить обе части уравнения на $Э$, то мы можем заменить абсолютные величины относительными. Тогда мы получим предельную величину отношения гидроэнергии к общей выработке, называемого «гидроэлектрической характеристикой данной системы»:

$$\lim X^{\text{гидро}} = 1 - n\,X^{\text{тепл.}}, \qquad (2)$$

где $X^{\text{тепл.}}$ — отношение энергии, полученной по тепловому потреблению (которая зависит от развития теплофикации в данном районе) к электроэнергии, которую нужно получить — теплоэлектрическая характеристика системы.

Для районов, обслуживаемых волжскими гидростанциями, наши практические работы привели для так называемого второго уровня (условно для 1942 г.) в среднем к величине 0.3. Если мы для этой величины возьмем поправочный коэффициент, то увидим, что величина гидрохарактеристики составляет $^2/_3$, т. е. $^2/_3$ всей энергии можно без противоречия с теплофикацией заменить гидроэнергией. Вот практический вывод. В этом имеются широкие возможности, потому что эти $^2/_3$ значительно больше того, что можно получить от гидростанций.

Сложнее получается, когда мы будем говорить не об энергии, а о мощностях:

$$\lim N^{\text{гидро}} = RN - N_k - N^{\text{ТЭЦ}}. \qquad (3)$$

Когда мы включаем в систему некоторую мощность гидростанций $N^{\text{гидро}}$, то она должна быть не больше, чем максимальная нагрузка N, умноженная на коэффициент резерва R, за вычетом мощности конденсационных станций N_k, которые раньше существовали и еще не амортизированы, и за вычетом мощности ТЭЦ, которые обязательно привязываются к заданному тепловому потреблению. Предполагается, что этому району задано некоторое тепловое потребление, а тепловому потреблению корреспондируют некоторые минимальные мощности, установленные на ТЭЦ. Эта мощность больше, чем получаемая по тепловому графику, потому что, в зависимости от типа турбин, всегда будет тот или иной конденсационный хвост.

Здесь мы вводим тоже относительные величины. Если мы возьмем долю мощности гидростанций в покрытии максимума, то получим

гидроэлектрическую характеристику по мощности $X_м^{гидро}$, если же мы возьмем долю мощности, получаемой по теплофикационному графику, в покрытии максимума, то получаем теплоэлектрическую характеристику по мощности $X_м^{тепл.}$.

Отношение мощности, которая получается по тепловому графику, к полной электрической мощности, которая установлена на ТЭЦ, вместе с конденсационными хвостами, мы называем теплоэлектрической характеристикой оборудования.

$$\frac{N^{гидро}}{N} = X_м^{гидро} \left| \frac{N^{тепл.}}{N} = X_м^{тепл.} \right| \frac{N^{тепл.}}{N^{ТЭЦ}} = X^{ТЭЦ}.$$

Вводя в формулу (3) относительные величины, мы можем получить условия отсутствия дублирования в таком виде, что предельные величины гидроэлектрической характеристики по мощности равняются коэффициенту резерва минус отношение теплоэлектрической характеристики района к теплоэлектрической характеристике оборудования, и минус отношение мощности имеющихся, уже ранее установленных, конденсационных аггрегатов к максимуму.

$$\lim X_м^{тепл.} = R - X_м^{тепл.} : X^{ТЭЦ} - N_k : N. \qquad (4)$$

В абсолютных величинах это можно изобразить так:

$$\lim N^{гидро} = N\left(R - \frac{X_м^{тепл.}}{X^{ТЭЦ}}\right) - N_k, \qquad (5)$$

т. е. предельная мощность гидроцентрали, которую мы можем включить в систему без дублирования, равняется максимуму нагрузки, помноженному на коэффициент резерва минус отношение теплоэлектрической характеристики района (по мощности) к характеристике оборудования, минус мощность конденсационных аггрегатов, которые имеются к моменту ввода в систему гидроцентрали.

Какие получаются абсолютные цифры? В тех практических примерах, которые будет докладывать Р. А. Ферман, эти цифры будут даны применительно к волжским гидроцентралям.

Эти примеры были проработаны Гидроэлектропроектом, причем Энергетический институт выработал программу, расчитал потребность в электроэнергии и тепле и некоторые основные методологические указания. Результаты этой практической работы будут доложены Р. А. Ферманом, — я же назову только некоторые величины теплоэлектрической характеристики, полученные в работе по волжским ТЭЦ.

Характеристика получилась по энергии 0.3, а по мощности 0.45. Почему это так, — видно, если мы укажем связь между этими двумя характеристиками по энергии и по мощности. Характеристика по

энергии равняется характеристике по мощности, помноженной на отношение числа часов использования теплового и электрического графика.

$$X^{\text{тепл.}} = X_{\text{м}}^{\text{тепл.}} \frac{h_T}{h}.$$

При большой полноте электрического графика нагрузки и значительной величине отопительной нагрузки у нас величина использования максимума теплового всегда меньше, чем электрического в больших системах, и поэтому характеристика по энергии обычно меньше, чем по мощности. У нас получилось отношение $h_T : h$, примерно, $1^1/_2$. Поэтому цифре 0.3 для теплоэлектрической характеристики по энергии соответствует цифра 0.45 по мощности.

Характеристики оборудования зависят целиком от выбора стандарта теплофикационных турбин.

Предположим, что суммарный максимум представляет 10 тыс. мгвт. Теплоэлектрическая характеристика по мощности — 0.45, как в среднем получилось для условного 1942 г. Коэффициент резерва —1.1 ($10^0/_0$ резерв). Тогда получаются такие величины:

$$N^{\text{гидро}} = 10\,000\,(1.1 - 0.45 : X^{\text{ТЭЦ}}) - N_k.$$

Принимаем $N_k = 2$ тыс. мгвт. Эти цифры округлены. Они, приблизительно, соответствуют тем конкретным примерам, которые были рассчитаны.

$X^{\text{ТЭЦ}}$ будет единица, если у нас поставлены на ТЭЦ только одни аггрегаты с противодавлением; она будет 0.8, если мы возьмем комбинацию турбин конденсационных с отбором для покрытия чисто отопительной нагрузки и с противодавлением и отбором для покрытия постоянной части тепловой нагрузки, которая не меняется по сезону.

Если мы возьмем такие аггрегаты, которые применяются во временном стандарте Главэнерго (одни только турбины конденсационные с отбором), у которых постоянная электрическая мощность, то получается величина $X^{\text{ТЭЦ}}$ от 0.6 до 0.65.

Итак, при комбинации турбин КО и ПО получается в нашем примере:

$$N^{\text{гидро}} = 10\,000\left(1.1 - \frac{0.45}{0.8}\right) - 2000 = 2560 \text{ мгвт.}$$

Но если бы мы взяли не этот тип аггрегата, а временный стандарт Главэнерго, то мы получили бы

$$N^{\text{гидро}} = 10\,000\left(1.1 - \frac{0.45}{0.65}\right) - 2000 = 400 \text{ мгвт.}$$

Для данного частного случая вместо 2560 мгвт можно без дублирования включить только 400 мгвт. Получается огромная разница, в зависимости от выбора типа турбины. Отсюда понятно, почему целый ряд

лиц усиленно настаивает на том, чтебы в стандарты были включены турбины с противодавлением. Выбор типа агрегатов повлияет на то, как мы сможем распоряжаться нашими гидростанциями на ближайшие 5—10 лет.

Здесь получилась разница в зависимости от типа аггрегатов 2560 и 400 мгвт. Р. А. Ферман приведет здесь более конкретные данные, я же попытался представить эту картину в нескольких очень простых формулах. Мы занимались этими вопросами в Энергетическом институте. Тов. Руссаковский определил, в каких пределах можно считать теплоэлектрическую характеристику районов; в зависимости от структуры района он получил интересную таблицу. Мы имеем, таким образом, большой материал, на основании которого можно решать вопросы о предельной возможности включения в систему без дублирования мощностей гидростанций.

Далее я хочу показать связь этих относительных цифр с абсолютными. Недостаток всех коэффициентов $X^{\text{тепл.}}$ состоит в том, что они зависят от выбора начального и конечного параметра. У нас, правда, будет стандарт, но нам важно определить связь этих величин с натуральным показателем теплового потребления, а таковым показателем является количество калорий Q. Вот эту связь я и хочу показать:

$$Э_{\text{тепл.}} = \frac{Y Q^{\text{год}}}{0.86}.$$

Выработка по тепловому графику представляет собой количество отпущенных мегакалорий, деленное на 0.86 (для того, чтобы получить одни и те же единицы энергии) и помноженное на коэффициент $Y_{\text{м}}$, который я называю «коэффициентом энергетической ценности отпускаемого тепла». Этот коэффициент представляет собою не что иное, как тепловой перепад, умноженный на механический коэффициент полезного действия. Эта величина зависит от начального и конечного параметра пара.

Затем характеристикой потребления комбинированной энергии в районе является коэффициент Z, который представляет собой тепловое потребление в году $Q^{\text{год}}$ (Q годовое), деленное на электрическое потребление

$$Z = \frac{Q^{\text{год}}}{0.86\, Э}.$$

От этого очень легко перейти к X, так как независимо от всех индексов имеется такое соотношение:[1]

$$X = Y \cdot Z.$$

[1] Отмечаю, что аналогичные показатели введены в литературу и инженером Якуб (см. «Тепло и Сила», 1933, № 3). Разница в их применении и в обозначении (например, у него показатель Y обозначается буквой Ω,) а мой коэффициент Z представляет обратную величину чем коэффициент Z у Якуба.

За краткостью времени я хотел бы отметить только самый метод решения этих вопросов о дублировании.

Если мы хотим включить гидростанцию в большой район так, чтобы не произошло дублирование мощности, необходимо к этому вопросу подходить диалектически.

Мы можем ограничнть мощность гидростанции по вышеуказанным формулам, либо подойти к задаче с другой стороны: так подобрав район использования гидроцентрали и так построив энергетическую систему, чтобы при заданной мощности ГЭЦ не получилось дублирования тепловых и гидроэлектрических генераторных мощностей.

Необходимо заранее подобрать соответствующее оборудование, так как величина характеристики оборудования имеет большое значение. Эти формулы вскрывают, что нужно для этого сделать и в каких пределах тот или иной тип оборудования может стеснить развитие или теплофикации или гидростанций. Это указывает на громадное значение величины N — район охвата: если мы хотим включить большие мощности, нужно взять большие районы, и мы получим желательные результаты. В частности, когда группа Р. А. Фермана пересчитала целый ряд своих вариантов и встретила большие трудности для 1942 г. с размещением к тому времени мощности еще Самарской ГЭЦ, мы прибавили Южный Урал, подсчитали, что это экономически выгодно, и устранили помеху к полному развитию Самарской ГЭЦ к условному 1942 г.

Эти анализы облегчают изучение способов рационального использования всех могучих плановых рычагов, которые мы имеем. Мы имеем возможность регулировать каждый член этой формулы так, чтобы получить желаемую действительно оптимальную величину, но нам надо заботиться о том, чтобы связь между этими отдельными величинами была бы определенная. Я стремлюсь к тому, чтобы найти условия, при которых у нас получится гармонически развитая система, при которой не только не будет никаких противоречий, но различные станции различного типа будут друг друга дополнять.

Вот значение этого математического анализа. Но, конечно, если применять математический анализ неправильно, можно притти к неправильным выводам. Но тут будет виноват не тот, кто составлял этот математический анализ, а тот, кто им неправильно пользовался.

Во всяком случае мы имеем возможность сделать так, что мощность гидростанций заменит киловатт на киловатт мощность паровых станций. А если это так, то экономический анализ значительно облегчен, потому что при отсутствии этого у нас никакое сравнение гидростанций с паровыми станциями невозможно. Я утверждаю, что по крайней мере три четверти работ, по сравнению гидростанций с паровыми станциями, не выдерживают никакой критики, потому что у станций обыкновенно имеется паровой резерв, который не учитывается; величина этого резерва переменная, что и меняет все соотношения.

Мы включаем гидростанции в такие системы, в которых мы можем обойтись без парового резерва. Мы доказываем, что это воз-

можно сделать даже с гидростанциями таких больших мощностей, как на Волге, а если это так, то мы сможем вести экономическое сравнение, предполагая, что гидростанция заменяет паровую станцию, обязательно конденсационную.

Развитие гидроэлектростроения и теплофикации — это две стороны развития реконструкции нашего хозяйства, создания гармонической системы, и если мы сможем в будущем маневрировать мощностями таким образом, чтобы нам совсем не понадобилось конденсационных частей, то это был бы идеал.

Далее нам могло бы помочь включение ветровых станций, но это вопрос будущего, а сейчас мы должны стремиться к тому, чтобы конденсационные части были бы минимальны, и именно конденсационные части мы заменяем гидростанцией.

Председатель. В сложной, большой электроэнергетической системе, учитывая то обстоятельство, что мы во многом можем использовать особые рычаги планового хозяйства, вы стараетесь найти некоторый оптимум. Вы рисуете некоторый идеал, и мне кажется, что с теоретической точки зрения, поскольку вы ссылаетесь на точный закон, к вам никак не придерешься; против второго закона термодинамики не пойдешь. Выходит, что нужно сочетание только ГЭЦ, ТЭЦ и ветросиловых централей. Схема построена правильно.

Посмотрим другой разрез: практическую приложимость идеальной схемы; посмотрим, какие ограничения ставит нам действительность в этом отношении, чтобы нам, в стенах Академии Наук, не превратиться в сверх-академиков.

Какие поправки нам нужно сразу же внести? Докладчик нападает на паровой резерв, как таковой, желая его избежать. Мне кажется, что наша гидроэлектрическая система, имеющая значительный паровой резерв, гораздо более совершенна, чем взятая, так сказать, сама по себе. Она дает возможность большего маневрирования, причем мы знаем, что движемся по этапам планового хозяйства, вовсе не по законам математики. Мы еще имеем много не сведенных к математическому единству величин. Нам необходимо маневрировать и иметь простор для этого.

Как практику-плановику, мне приходилось выдвигать мысль о том, что строительство социализма вообще и то освещение его, в котором человек будет воспринимать его, зависит от резервов, хотя бы эти резервы были рассчитаны с большим перерасходом, потому что огромное преимущество социалистического строительства заключается в отсутствии боязни за завтрашний день. При капиталистической системе, личность, группы личностей и целые государства не имеют завтрашнего дня. Там — воля стихии. Социалистическая система устраняет этот момент опасности превратностей бытия, страхуя резервы. Это общий закон, который, по моему мнению, имеет прямое приложение и здесь.

В Энергетическом институте происходила дискуссия экономистов, которые не могли примириться с идеей энергетического районирования. Нам говорили, как сложны в экономическом отношении районы,

как трудно сочетать в понятии макрорайона такие величины, чтобы этот макрорайон превратился в действующее начало. Нам указывали на то, что сегодня мы передаем электроэнергию на 300 км, завтра на 600 км и т. д., и в этой зависимости мы чертим какие-то линии на карте, что районирование на этой основе — техницизм электроэнергетического порядка. Я считаю, что по мере нашего хозяйственного движения вперед товарищам экономистам от электроэнергетики не уйти.

Поэтому, когда мы говорим о резервах народного хозяйства и трактуем такие величины, как резервы в электроэнергетических системах, это не слова, а большое дело. Опасности, которые вытекают из того или иного подхода к этому вопросу — вовсе не «безопасные» опасности. Здесь вы подходите к «святая святых» социалистического хозяйства. Вы даете формулы, как будто очень невинные, причесанные и гладкие. Между тем эти формулы с громадными практическими последствиями в самом существе.

Вот почему я позволяю себе вмешаться в изложение докладчика для направления дальнейшей дискуссии.

Перед нами ряд неоспоримых ценностей: борьба за единую высоковольтную сеть в духе тех положений, которые вчера развивал акад. А. А. Чернышев, борьба за укрупненные системы, за линию теплофикации. Но не будем перегибать палки.

Наряду с этим нужно бороться и за то, чтобы подкреплять существующие системы со страховкой на прорывы, которые мы предвидим, с сознательным перерасходом против идеальных схем. Мы проникнуты особым уважением к строителям больших гидроэлектрических станций, но вместе с тем мы должны твердо заявить, что зимой нам необходим паровой резерв.

Если на основании расчетов С. А. Кукель-Краевский скажет, что во что бы то ни стало надо рассчитывать при этом только на теплофикацию, — я скажу нет, математический расчет не все решает, нужно кое-что еще добавить.

Мне кажется, тепловой график еще далеко не изучен, тут еще многое неясно.

Во всяком случае рядом с совершенной конструкцией модели народного хозяйства, существует еще практика, которая предъявляет свои требования на каждом этапе.

Я спрашиваю: допустим, вы не могли бы построить теплофикационные турбины, имея в то же время возможность построить целый ряд гидроэлектрических станций, а по конъюнктуре народно-хозяйственной, условиям кредитов и состоянию заграничного рынка, вы могли бы бросить в страну огромные конденсационные мощности, словом, при очень выгодной мировой обстановке, требовали бы вы разрешения у нас строить эти конденсационные станции? Или это не так, и вы сами вводите некоторые поправки?

С. А. Кукель-Краевский. Акад. Г. М. Кржижановский нарисовал здесь такую картину, из которой выходит, что я являюсь каким-то узким теоретиком, не знающим жизни. Я пришел к этим теоретическим расчетам после многих лет практической работы.

На основании многолетнего опыта планирования я пришел к заключению, что мы занимаемся соответствующим подбором наших плановых показателей, в зависимости от конъюнктуры сегодняшнего дня, и совершенно не представляем себе, к чему это ведет. Если в первую пятилетку мы могли действовать таким образом, потому что имели примеры систем Запада и какие-то предельные показатели на Западе, к которым могли стремиться, то теперь мы строим такие системы, которых не существует еще нигде, и не знаем, к каким показателям следует стремиться и какие будут последствия, если мы их не достигнем. Отсюда я пришел к выводу о необходимости в течение некоторого времени совершенно выключиться из непосредственного участия в текущей плановой работе и заняться теоретическим анализом именно предельных случаев. Во всех работах, проводимых мной за последние два года, я пользовался одним и тем же методом. Я рассматриваю предельные случаи, а вы можете в мои формулы вводить в практических условиях тот или иной поправочный коэффициент. Только таким образом мы можем итти. Но не имея этих предельных показателей, вы всегда можете ошибиться так, что не будете знать, как выйти из положения.

Как практический работник, я всегда при анализе имел в виду его практическое применение. Полтора года назад, на конференции по генеральному плану в Москве, я выступил с докладом относительно предельного числа часов использования. В этом докладе я доказывал, что для второй пятилетки, при необходимости к тому времени действительно освоить мощность и иметь достаточный резерв для планово-предупредительного ремонта, о котором у нас часто забывают, мы не можем планировать больше чем 4500 часов использования мощности генераторов в среднем для всего Союза. Я исходил при этом из теоретического анализа предельного случая. Что же вышло из моего доклада? Меня со всех сторон упрекали в том, что я недооцениваю наши возможности, но в конце концов никто не мог опровергнуть этого расчета. Но так как было установлено раньше, что следует принимать 5000 часов, то постановили по моему докладу, что следует считать 5000 часов для большой системы. Я не возражал против 5000 для крупных систем, но у нас будут не одни крупные системы, речь шла о средних показателях. Для крупных систем у меня получается по формулам даже больше 5000 часов. Тогда я боролся за действительно необходимые резервы, а меня обвиняли в том, что я будто бы преуменьшаю наши возможности.

Недавно я оказался в обратном положении. Когда я подсчитал по тому же методу те же пределы с пониженными масштабами цифр второй пятилетки, то у меня естественно получилось уже не 4500 часов, так как масштабы изменились, а 4100 часов. Тогда мне сказали: «вы не дооцениваете того, что необходимы резервы, надо иметь 3800». Между тем прошел всего год с того времени, когда меня упрекали в обратном.

Я подхожу к математическому анализу вполне сознательно и знаю, каким образом этот анализ можно применить на практике, так как

сама практика заставила меня заняться вычислениями предельных значений показателей.

Теперь перейду к запасу, имеющемуся в моих формулах. У меня есть некоторый коэффициент резерва R, взятый в размерах 10% для очень большой системы. Если считать по теории вероятностей, то в таких системах, о которых я здесь говорил (Р. А. Ферман много этим занимался и вероятно подтвердит это) получается 3 или 5%, но я на практике не возьму ни за что меньше 10%.

При заданном уровне надежности необходимый процент резерва снижается по мере роста системы; когда мы перейдем ту величину мощности системы, при которой достаточен при прежнем уровне надежности 10% резерв, мы дальше будем увеличивать надежность. По мере роста системы будет увеличиваться надежность, если сохранить постоянный процент резерва. Мы тогда не помиримся с тем уровнем надежности, с которым мы мирились раньше, когда мы считали себя, например, гарантированными на одновременный выход из строя может быть двух аггрегатов, а случай выхода из строя одновременно трех аггрегатов считали аварией, влекущей за собой прорыв в энергоснабжении. По мере роста наших систем мы можем и должны увеличивать надежность.

Так и надо итти в плановом хозяйстве; надежностью если и можно пока пренебрегать, поскольку нам нужно поскорее пройти известный этап роста, то в дальнейшем надо по мере роста увеличивать надежность. Как планируют в Госплане? Акад. Г. М. Кржижановский указал, что мы поставим двойные мощности для резерва, а практически, когда обсуждаются контрольные цифры, то считают по арифметике, если резерв больше одного аггрегата, то вам не отпустят денег на станцию.

Необходимо обеспечить коэффициент резерва в 10%. Это минимум, ниже которого спускаться не следует. К сожалению, за недостатком времени, я не могу изложить содержание всех работ, проделанных нашим коллективом в течение большого промежутка времени.

Что касается замены киловатта на киловатт, то это задача, к которой мы можем стремиться. Это — предельный случай, а в промежуточных положениях этого не будет. Наркомфин на двойные киловатты и одновременно на линию электропередач и линию для маневрования не будет давать денег.

Эти линии передач равноценны большому проценту резерва, потому что дают возможность маневрирования и перебрасывания мощностей. Если вспомнить нашу плановую работу, в самые тяжелые моменты у нас бывали случаи, когда при жесточайшем прорыве в одном районе, в соседнем имелся колоссальный избыток резерва, из-за опоздания потребителей. Если бы у нас были развиты линии электропередач, то подобные случаи не могли бы иметь места.

Для этого предельного случая, когда мы сравниваем паровую станцию с гидроэлектрической, я предлагаю нижеследующий способ оценки ее экономического значения и способ решения вопроса о том,

какую мощность можно было бы строить в данном месте. Это уже не вопрос о том, какую гидромощность ввести в систему, а вопрос о том, на какую мощность строить гидростанцию, или хотя бы ее подводные сооружения.

На гидростанции, за исключением таких, как Днепровская, приходится затрачивать больше капитальных вложений, чем на паровые. Однако надо учитывать, что к капитальным затратам на паровую станцию следует прибавить еще капитальные затраты на топливную базу и на транспорт топлива. Гидростанция, в отличие от паровой, является в то же время и производителем энергии и самой энергетической базой. Избыточные капитальные затраты окупаются через некоторое число лет экономией в ежегодных эксплоатационных расходах, т. е. в затратах живого труда.

Формула окупаемости, очень элементарна, хотя и выглядит довольно страшно:

$$T = \frac{K_{\text{г}} - \eta_{\text{м}} K_{\text{п}} - \eta_{\text{э}} hb K_{\text{топл.}}}{\frac{P_{\text{п}}}{100} \eta_{\text{м}} K_{\text{п}} + \eta_{\text{э}} hb C_{\text{топл.}} - \frac{P_{\text{г}}}{100} \alpha K_{\text{г}}},$$

где T — число лет, в течение которых окупаются капитальные затраты за счет экономии живого труда.

Я сделал предпосылку, что гидростанция включена в систему так, что в ней нет излишнего резерва кроме того, который нужен и без гидростанци, и что ГЭЦ будет заменять паровую конденсационную станцию. Числитель в формулах представляет капитальные затраты на гидростанцию минус капитальные затраты на эквивалентную паровую станцию плюс топливо. Все затраты отнесены к одному киловатту, но К паровой умножен на коэффициент учитывающий потери мощности линии передачи. Поэтому тут приведен некоторый коэффициент $\eta_{\text{м}}$ меньший единицы, который учитывает, что в случае гидростанции нужно иметь несколько большую линию передачи. Член, учитывающий капитальные затраты на топливную базу, представляет число киловатт-часов h, которое получается от каждого киловатта, умноженное на удельный расход топлива b и умноженное на капитальные затраты в добычу и транспорт в рублях на тонну условного топлива — $K_{\text{топл}}$. Тут введен поправочный коэффициент $\eta_{\text{э}}$, учитывающий, что на гидростанции приходится вырабатывать несколько больше энергии, чем на паровой, из-за потерь в линии передачи. В знаменателе формулы разница ежегодных расходов. Первое слагаемое — процент постоянных расходов для паровой станции $P_{\text{п}}$, умноженный на стоимость эквивалентного киловатта и на к. п. д. передачи. Это постоянные расходы станции, пересчитанные на 1 квт. Второе слагаемое — переменные расходы. В него входит число киловатт-часов на квт h, умноженное на удельный расход топлива b. Это произведение дает количество топлива, которое израсходовано за год на каждый квт. Оно умножается на стоимость топлива $C_{\text{топл}}$ и умножено на коэффициент $\eta_{\text{э}}$.

Из суммы годовых расходов на киловатт паровой станции вычитаем годовые расходы на киловатт на гидростанцию, $P_{\text{г}}$ — процент на

амортизацию и обслуживание ГЭЦ; он умножен на капитальные затраты $K_г$ на 1 установленный квт гидростанции и некоторый коэффициент α, который учитывает, что амортизировать на станции приходится не все капитальные затраты, а только часть, прежде всего потому, что в величины $K_г$ включены и те капитальные затраты, которые покрывают собой ущерб от затопления.

Затем я утверждаю, — это говорил на прошлом собрании т. Михайлов, — что в гидростанциях не следует считать амортизацию на всю сумму капитальных затрат. Есть такие работы, которые никогда восстанавливать не придется, следовательно, отпадает их амортизация. Например, для Самарской станции канал рыть заново никогда не придется. Ремонтировать, конечно, придется, и этот ремонт учтен в коэффициенте $P_г$.

Величина α для различных станций может быть различна. Это — отношение амортизируемой части капитальных затрат к полным капитальным затратам.

Из этой формулы, если бы мы задались величиной срока окупаемости, мы могли бы определить предельный размер капитальных затрат на киловатт ГЭЦ, при котором гидростанция могла бы выдерживать конкуренцию с паровой конденсационной станцией более дешевой.

Предельная величина капитальных затрат

$$\lim K_г = \frac{\left(1 + \frac{P_п T}{100}\right)\eta_м K_п + \eta_э hb\,(K_{топл.} + TC_{топл.})}{1 + \frac{\alpha P_г T}{100}}.$$

Входящая в формулу величина удельного расхода топлива b не является постоянной величиной. Эта величина — функция от числа часов использования $b = f(h)$.

Предельную величину капитальных затрат на киловатт я тоже определил как функцию от числа часов использования эквивалентных мощностей. Воспользовавшись вспомогательной формулой для удельного расхода топлива, приняв аналогично формуле Трегера

$$b = 0.45 + \frac{1050}{h},$$

задавшись стоимостью установленного киловатта паровой централи в 550 руб. в ценах 1933 г., приняв $\alpha = 0.75$, $P_п = 15\,\%$, $P_г = 3\,\%$ и задавшись тремя величинами стоимости топлива 15 руб. тонна, 25 руб. тонна и 35 руб. тонна условного, я построил два семейства кривых, в зависимости от числа лет срока окупаемости — 15 лет и 20 лет.

Что касается этого срока окупаемости, то я считаю необходимым, чтобы в плановом хозяйстве правительство давало бы, время от времени, директивы для всех инженерно-экономических расчетов, в каких случаях допустимо выбирать более дорогой вариант, дающий экономию

в ежегодных расходах. Эти директивы не должны определять фиксированный процент начислений, который в наших условиях нельзя обосновать, а должны устанавливать для различных случаев обязательный максимальный срок окупаемости избыточных капитальных затрат за счет экономии в ежегодных расходах.

Я выдвигаю такое предложение. Если речь идет о том, чтобы на паровой станции взять несколько более дорогое оборудование, дающее лучший к. п. д. и экономию в топливе, то более дорогое оборудование можно допустить лишь в том случае, если экономия окупит эти лишние затраты в пределах пятилетнего срока; весь общий фонд на пятилетку не изменится, а только перераспределится.

В другом случае, если лишние капитальные затраты делаются для того, чтобы получить значительное повышение производительности труда: например, вводится механизация, автоматизация, — я считал бы возможным, чтобы эти лишние затраты окупались в течение двух пятилетий.

Для гидростанций, которые дают целый ряд побочных эффектов, можно было взять 15—20 лет. В частности, для волжских станций, как минимум 15 лет, а правильнее считать 20 лет, как допустимый срок окупаемости. 20 лет соответствует 5%, а 15 лет соответствует 6%.

Мы видим по представленным кривым, что допустимые капитальные затраты тем больше, чем больше число часов использования.

Я могу на этой же самой диаграмме нанести для данной гидростанции кривую зависимости капитальных вложений на киловатт от числа часов использования, полученную по кривой зависимости K_r от мощности.

К сожалению, я не нашел достаточно хороших данных для наших ГЭЦ и взял типичную американскую станцию (считая доллар за 4 руб.) из очень интересного доклада инженеров Irwin и Justin на собрании Института американских инженеров-механиков в Канаде (см. «Transactions ASME,» 1933, № 3 и «Power», сентябрь 1932).

В этом докладе имелась кривая, типичная для американской гидростанции, — стоимость установленного киловатта в зависимости от числа часов использования.

Кроме того, в моем распоряжении было много аналогичных цифр японских станций по докладам на Токийской конференции 1929 г.

Я предлагаю такой метод для того, чтобы определить, в каких пределах допустимо развитие гидростанций в данном месте по экономическим соображениям. Надо задаться сроком окупаемости, например 15 лет, стоимостью топлива, в данном районе, скажем в 15 руб. за тонну условного топлива, построить кривую предельно допустимых капитальных затрат как функцию от числа часов использования, и сопоставить ее с кривой фактических затрат, по проекту для данной ГЭЦ. Для моей типичной американской станции получилось, как видно по графику, что станция является способной конкурировать с паровой в том случае, когда ее мощность больше той, которая обеспечивает 7200 часов использования, т. е. она еще не может конкурировать с той частью паровых конденсационных станций, которая покрывала бы самую нижнюю

часть нагрузки, а только со станциями, хотя и основными, но в более высокой части графика, и затем с пиковыми.

Из сопоставления допустимых и фактических капитальных затрат, выраженных как функции числа часов использования, получается, что, чем больше установленная мощность, тем больше расходятся эти кривые окупаемости с фактической кривой. Может быть лица, имеющие более богатый материал, найдут и другие примеры, но в тех случаях, которые у меня были, всегда выходило, что, увеличивая установленную мощность станции, мы получали все бо́льшую и бо́льшую ее рентабельность при условии наличия достаточно большой системы, при которой можно свободно пользоваться мощностью гидростанций, следовательно, ограничивается не верхний предел, а только нижний, верхний же ограничивается не экономическими соображениями, а, вероятно, техническими. Это интересно в том отношении, что при выборе оптимальной мощности по стоимости энергии у нас получается иной результат. Самарская станция, имеющая 16 аггрегатов, дает такие результаты: в том случае, когда имеется 10 аггрегатов, себестоимость меньше, чем при 16 аггрегатах. Как будто бы 10 аггрегатов есть оптимум. Если же взять окупаемость в большой системе, то оказывается, что при 10 аггрегатах и большом числе часов использования стоимость ГЭЦ выходит за эти пределы окупаемости, следовательно, ГЭЦ не конкурентноспособна. А при 16 аггрегатах, несмотря на то, что себестоимость энергии несколько больше, она более конкурентноспособна, чем при 10 аггрегатах. Отсюда ясно, как различен подход в зависимости от того, рассматривается ли станция изолированно и определяется ли стоимость только ее энергии, или станция, включенная в общую систему, развиваемая до того предела, при котором она может вытеснять из системы конденсационный агрегат. Это в сильной степени зависит от числа часов использования. Поэтому я так и построил этот анализ. Мне не приходилось встречать такого анализа в литературе, хотя другая часть этого сложного вопроса в литературе достаточно хорошо освещена. Это вопрос о том, как можно развивать мощность станции при различных условиях регулирования и в зависимости от графика для того, чтобы она могла бы действительно заменять киловатт на киловатт паровую мощность.

ПРЕНИЯ

Е. А. Русаковский. Разрешите прежде всего остановиться на возражениях по моему докладу общего характера, сделанных т. Яворским, который упрекал меня в том, что я не коснулся значения транспортной реконструкции Волги для размещения производительных сил в приволжских районах.

В самом начале доклада я говорил о той целевой установке, которую я себе поставил, в связи с ограниченностью времени и в связи с той стадией проработки материала, на которой мы находимся. Я говорил, что основная цель моего доклада заключается в том, чтобы посмотреть, вносят ли сооружение Волжской гидроцентрали и транс-

портная реконструкция Волги такие качественные и количественные изменения в энергетический баланс приволжских районов, которые позволили бы рассматривать эти станции как базу для развития электроемких производств.

Поэтому я не повторял уже написанного в тезисах, где показана транспортная роль Волги и специализация приволжских узлов. В частности, в третьем тезисе сказано, что преимущества географического положения Волги усиливаются неповторимыми в других местах Союза транспортными условиями. И дальше сказано: «Таким образом в районах нижнего и среднего течения Волги будут соединены транспортной сетью огромной пропускной способности (при низких издержках перевозок) со всеми основными районами Союза.

И дальше конкретизируется: нефть, о которой здесь говорилось, черные, цветные металлы, апатиты, калий и т. д.

Таким образом в докладе я на этом моменте не останавливался, поскольку в тезисах он был подчеркнут, а, кроме того, на данной стадии проработки нет надобности давать полную промышленную структуру отдельных узлов.

Тов. Яворский высказал недовольство, что Горьковский край по части электроемких производств был обойден. В тезисах указано, как я расцениваю волжские станции для таких районов, как Горьковский и Ярославский, поэтому я не повторялся. Теперешнее положение в Ярославском и Горьковском узлах позволяет сделать вывод, что энергетика сейчас лимитирует промышленное развитие этих узлов. Это бесспорно и в обстановке того энергетического баланса, который мы имеем в районах промышленного центра. Назначение всех волжских станций, в первую очередь Ярославской и Балахнинской, снять этот лимит промышленного производства, и тогда общий характер энергетического баланса на долгое время, независимо от себестоимости, обеспечит возможность более или менее крупного развития электроемких производств.

Тов. Яворский ставил вопрос таким образом: развитие мощной автомобильной промышленности, которое предстоит, потребует целого ряда электроемких производств в виде подсобных и потребует капиталовложений в смежные отрасли в количестве 3 млрд. руб. Но почему эти смежные отрасли обязательно должны быть размещены в Горьковском крае?

Это будет противоречить транспортным условиям и географическому расположению в других районах, благодаря которым развивался Горьковский край. Я настаиваю на том, что Горьковский край не является сколько-нибудь подходящей базой для развития электроемких производств.

Тов. Яворский говорил о черных металлах и о новых методах производства, в частности о производстве губчатого железа. Неизвестно еще, будет ли производство губчатого железа электроемким производством.

Но основная причина, почему это производство может развиваться в Горьковском крае, лежит в том, что здесь имеются торфяные

предпосылки, и характер руд обеспечивает возможность производства качественного металла, но это не связано ни с качеством, ни с характером волжской энергии.

При тех темпах развития, которые намечены на второе пятилетие, единственно возможное — это дублировать те производства, которые уже развернуты, — это Горьковский и Ярославский автомобильные заводы. Вот основная причина, вызывающая дальнейшее развитие Горьковского узла. Здесь имеет значение не только сооружение гидростанций, но и транспортная проблема, которая позволяет Горьковский край питать донецким углем.

Далее т. Ельяшевич и другие меня упрекали в том, что я слишком большое значение придаю фактору себестоимости размещения электроемких производств. Когда я протестовал против энергоемких производств в том или другом месте, то я ссылался не на себестоимость электроэнергии, но на характер энергетического баланса.

Не могу согласиться с теми товарищами, которые так легко отбрасывают проблему себестоимости размещения электроемких производств. Если две станции находятся в одинаковых народно-хозяйственных условиях, то зачем необходимо на одной из них расходовать большие суммы на размещение электроемких производств, почему следует вкладывать капиталовложений в два раза больше? С этой точки зрения я считаю, что нельзя игнорировать фактор себестоимости.

Говоря о Самаре, я прежде всего исхожу из того, что Самара, как энергетический центр, имеет ряд народно-хозяйственных преимуществ; Самарская гидростанция имеет первоочередное народно-хозяйственное значение, но если такая мощная электроцентраль будет сооружаться и здесь придется развивать электроемкие производства, то игнорировать фактора себестоимости нельзя.

Затем, при определении самой структуры электроемких производств, т. Михайлов предлагал развивать здесь синтетический каучук в неограниченном количестве. Такая позиция, мне кажется, неправильной. Я не знаю, почему алюминий надо отодвигать на восток. Нельзя игнорировать, при прочих равных условиях, расположения этих баз в отношении транспортных условий. Самарская станция, по отношению к возможным базам (я не говорю относительно глин), нефелину и уральским бокситам, занимает более благоприятное положение, чем другие объекты строительства.

Производство алюминия хорошо укладывается в производство Самарского узла и дает возможность развития здесь квалифицированного машиностроения, а в дальнейшем и автостроения.

Что касается синтетического каучука, то если речь идет о тех масштабах, о которых говорил т. Михайлов, то район Ангары дает хорошее сочетание угля и гидроэнергии. Хороши условия и в Иртышском районе. Производство синтетического каучука следовало бы отодвинуть на восток и в район Ангары, а здесь оставить алюминий.

Мне остается остановиться еще на одном вопросе, который затронул акад. С. Г. Струмилин. Я имею в виду вопрос использования

сезонных мощностей и отброса энергии для развития электроемких производств. Акад. С. Г. Струмилин говорит, что в известные периоды сельское хозяйство потребляет электроэнергию, а в другие периоды нет. Вся концепция использования волжских станций состоит в том, что мы их вписываем в большую систему. Это имеет большое значение в смысле реконструкции энергетики Европейской части Союза. Исходя из этого, мы поместили электроцентрали в такой район, где их мощность не превышает 25—30%. Никакой сезонной энергии мы здесь иметь не будем. Только при определенных условиях мы можем иметь сезонные мощности, комбинируя это с теплофикационными аггрегатами и сопоставляя график месячных мощностей, мы можем добиться того, что нам нужно и без сезонных мощностей, но с дублированием котлов.

Для ликвидации весеннего прорыва при снижении мощности электроцентрали признано целесообразным привязывание к этим котлам тепловых мощностей в виде конденсационных хвостов теплофикационных станций. У нас получится сезонная мощность. Эта сезонная мощность не даст нам дешевой энергии, ибо сезонная мощность будет в тех районах, где мы имеем дорогое топливное слагающее. Вся теплофикационная энергия вливается в систему. Поэтому здесь топливное слагающее будет порядка 1.5 коп.

Я должен сказать, что на востоке мы можем ожидать большую группу гидравлических станций, которые по капиталовложениям приближаются к тепловым станциям — порядка 600—700 руб. за киловатт.

Сезонную мощность я выдвигал как базу для развития ферросплавов в районе и, в частности, для развития карбидов, потому что карбиды могут хорошо работать на сезонной энергии порядка 6—7 месяцев. Поэтому повторяю, сезонную мощность я выдвигаю как базу для производства карбидов и ферросплавов, если будет признано целесообразным устанавливать здесь эти мощности.

Таков мой ответ на вопрос о сезонной энергии и мощности.

В заключение еще раз должен повторить, что я имею личную позицию в отношении структуры любого из волжских узлов и готов спорить с вами и по поводу Горьковского и Ярославского узлов, но это не наша задача; мы должны определить направление использования волжской энергии. Наша задача в данной плоскости заключается в том, чтобы найти наиболее правильные пути использования волжской энергии и посмотреть, стоит ли здесь в больших масштабах развивать электроемкие производства.

Вот задача, которую мы себе ставили. Поэтому в своем сообщении я не мог дать исчерпывающих данных о структуре любого узла.

Я имел беседу с чувашами о развитии электроемких производств на Суре и проблеме реконструкции, являющейся для Чувашского края с его ограниченными естественными ресурсами национальной проблемой. На Суре может быть сооружена гидростанция мощностью порядка нескольких десятков тысяч киловатт. Реконструкция Суры, наряду с проблемой энергетической, разрешает и транспортную проблему. В этом году они не могли даже вывозить хлеб из-за отсутствия транс-

порта. Таким образом в данном случае, который является очень незначительным по отношению ко всей Волге, я считаю целесообразным сооружение гидростанции, которая разрешает и национальную проблему и проблему транспорта для Чувашского края. Это исключение, которое не нарушает моей концепции об ограниченном развитии электроемких производств в районе Волги.

Г. Н. Чарданцев. Возражения, которые были сделаны по моему докладу, касались, в первую очередь, вопросов о районировании. Акад. С. Г. Струмилин недоумевал, зачем понадобилось выделение макрорайонов; это выделение он считал кабинетной выдумкой и полагал, что если выдвигаются макрорайоны, так тогда надо говорить и об организационных выводах: надо возглавить их каким-нибудь исполкомом, а иначе незачем их и выдвигать.

Мы выдвигали макрорайоны как рабочую гипотезу, которая должна помочь установить масштаб развития производств в народнохозяйственном комплексе Большой Волги. Народно-хозяйственный комплекс Большой Волги я сопоставлял с таким народно-хозяйственным комплексом как Урало-Кузнецкий комбинат, затем с огромным макрорайоном к востоку от Урало-Кузнецкого комбината, с нашей первой металлургической базой, лежащей на западе и, наконец, с юго-восточным макрорайоном.

Урало-Кузнецкий комбинат, с моей точки зрения, как рабочая гипотеза был очень плодотворен, он много нам помог при развитии перспектив нашего хозяйства. Но на данном этапе совершенно нет необходимости оформлять Урало-Кузнецкий комбинат в известную область, в известный район и возглавлять его определенными органами.

Поэтому мне думается, что оппонент не совсем уяснил себе, о каких именно макрорайонах шла в данном случае речь.

Очевидно, чтобы понять часть, нам нужно знать целое и, кроме того, иметь некоторое представление о других частях этого целого. Чтобы понять народно-хозяйственное развитие бассейна Волги, нам необходимо знать народно-хозяйственное развитие Союза, а чтобы знать народно-хозяйственное развитие Союза, необходимо знать не только народно-хозяйственное развитие Волги, но и других частей СССР упомянутых макрорайонов.

Акад. С. Г. Струмилин отмечал, что эти макрорайоны очень упрощены. Совершенно верно. Но ведь это грубая рабочая гипотеза. Сопоставлять бассейн Волги с мелкими районами не имеет смысла, но необходимо сопоставлять с соответствующими огромными народнохозяйственными районами Союза.

Сопоставление этих макрорайонов нам принесло пользу, потому что при рассмотрении народно-хозяйственного развития Большой Волги, Урало-Кузнецкого комбината и других макрорайонов мы могли многое уяснить и внести некоторые, правда, грубые коррективы.

Тов. Ельяшевич также в полном согласии с акад. С. Г. Струмилиным протестует против расширения нами макрорайонов: занимайтесь экономикой районов, входящих в Большую Волгу, говорит он, но макрорайонов не стройте.

Но чтобы знать экономику районов, подлежащих изучению, нужно знать совокупность этих районов, необходимо выделить какой-то макрорайон, который включал бы в себя все эти районы.

Далее т. Ельяшевич опасается отторжения от Ленинградской области южной части, которая входит в наш макрорайон Большой Волги. Я могу его успокоить: ни о каком отторжении не идет речь.

Например, от того, что, скажем, восточная и вся центральная часть Казакстана входит в Урало-Кузнецкий комбинат, никакого отторжения этой части от Казакстана не происходит. Наоборот, на путях развития культуры и социалистического строительства Казакстана, благодаря тому, что северный и центральный Казакстан входят в Урало-Кузнецкий комбинат, мы имеем ускоренные темпы развития национальной культуры этих областей.

Районы, о которых я докладывал, это — ЦПР, Камский район, Предуралье, Уральский район, Северный край, ЦЧО, Нижневолжский район, Прикаспийская низменность, Северокавказский район. Это — те районы, экономика которых чрезвычайно ясна и определенна.

Узлы и зоны, определяемые радиусами в 100, 300 и 600 км, взяты потому, что размещение производств определяется в числе других факторов, также и себестоимостью энергии.

Производственная специализация этих районов показывает, что мы имеем дело именно с экономическими районами.

Выдвигая комплекс бассейна Волги, я указывал на всю сумму народно-хозяйственных мероприятий по реконструкции бассейна. Напрасно тов. Ельяшевич говорит, что принцип выделения тех районов, в развитии которых реконструкция Волги будет иметь существенное значение, подозрителен, что то же де можно сказать про реконструированный Донбасс, который будет потом влиять на весь Союз. Донбасс будет влиять, но в бассейн Волги не войдет. Речь идет о выделении единого территориально-хозяйственного комплекса бассейна Волги, который содержит в себе названные мною районы. Разве нельзя ввести эти районы в состав этого комплекса. Разве мы не выясняем этим перспектив завтрашнего дня? Конечно, выясняем.

Необходимо конкретизировать и развивать наши гипотезы. Но и та гипотеза, которую мы даем, вполне конкретна, она развита в районном разрезе, хотя и могла быть дана в течение получаса только в выводах.

Р. А. Ферман, говоря о порядке районирования народно-хозяйственного комплекса Большой Волги, указывал, что передача на 300—600 км совершенно условна. В данный момент мы условно берем такие районы, а завтра мы от них откажемся.

Мы условно задаемся известным масштабом передач, учитывая ряд моментов, учитывая мощности станций. Кстати отмечу, что мощности станций взяты здесь не с одинаковым радиусом. От верхних станций более маломощных мощности взяты меньше, что ясно видно на демонстрируемой карте (*показывает на карту*), от них радиус взят не 600, а 250 км.

Тов. Сегаль-Бернштейн рекомендовал при сопоставлении Волжского народно-хозяйственного комплекса не отодвигать на задний план

актуальных проблем других районов. Устанавливая условную очередность в развитии макрорайонов в народно-хозяйственном комплексе в течение ближайших пятилетий, я подчеркнул условный характер этой очередности, так как ряд производств мы развиваем и будем развивать в первую очередь безотносительно к тому, в каких районах они находятся. Эту условную очередность следует понимать только в смысле полного развертывания производительных сил района; мы отнюдь не предполагаем, что все первоочередные производства будут в том или ином районе приостановлены в своем развитии в силу того, что другой макрорайон будет развиваться в порядке общеочередности более быстрыми темпами, т. е. будет иметь несколько большую сумму капиталовложений в целом.

Конечно, наша работа требует улучшения, на более высоком этапе мы не только должны применить балансовый метод, но мы должны проработать генеральный план развития народного хозяйства Волжского бассейна как часть генерального плана Союза в целом. В этом отношении Р. А. Ферман совершенно прав, указав, что нам, энергетикам, необходимо проработать план электрификации народного хозяйства Союза в целом, чтобы представить себе план электрификации Волги. И я думаю, что наша небольшая группа, допустившая в своей большой работе ряд ошибок и давшая еще недостаточно полноценную работу, все же сделала то, что было самым необходимым на данном этапе: мы дали достаточно приемлемые масштабы народного хозяйства для производства энергетических расчетов.

В дальнейшем мы должны принять участие в той большой работе, которая будет проводиться совместными усилиями огромного коллектива нашей научно-технической общественности, где мы не только будем критиковать друг друга, но будем прежде всего заботиться о наилучшем обосновании той грандиозной проблемы, за которую на всех нас лежит одинаковая ответственность перед настоящими и грядущими поколениями нашего Союза.

З. И. Ракоши. Мой получасовой доклад, к сожалению, не дал достаточной базы для серьезного обсуждения отдельных вопросов нашей гипотезы. Тем более я ожидал, что те товарищи, которые раньше более подробно ознакомились с моей работой, как акад. С. Г. Струмилин, окажут нам большую помощь в исправлении ошибок в нашей работе.

Первый вопрос, который был затронут в качестве принципиальной установки моей схемы — как предпосылки для составления гипотезы — это вопрос о стирании противоположностей между городом и деревней, между промышленностью и сельским хозяйством. Акад. С. Г. Струмилин считает, что такое предположение на конец периода генерального плана неправильно, так как исчезновение таких центров, как Москва и Ленинград на ближайшее пятилетие едва ли возможно себе представить.

Я должен сказать, что у акад. С. Г. Струмилина неправильное представление об исчезновении противоположностей между городом и деревней. Если бы мы исходили только из этого момента исчезно-

вения противоположности, то ближайшая пятилетка как-раз показала бы усиление этих противоположностей, так как мы создаем за этот период крупные промышленные города, строим в Москве метрополитэн, создаем там крупный водно-транспортный узел. Я считаю, что даже в течение ближайших десятилетий мы вряд ли пойдем по линии разрушения крупных городов.

Означает ли это, однако, что у нас противоположности между городом и деревней не исчезнут в течение этого периода.

Я хочу указать вам на передовую статью ЦО «Правды», посвященную XVII Партийному съезду. Там указано: «Десятки миллионов крестьян стали на путь организации коллективного хозяйства, подняли производительность труда и свой уровень жизни. Как никогда в истории, трудящиеся крестьяне объединены сейчас в колхозы, приблизились к рабочему классу. Противоположность между городом и деревней, базирующаяся на частной собственности, на средства производства, все больше стирается».

В таком именно смысле я и представлял себе стирание противоположностей между городом и деревней, предполагая, что через 15—20 лет сельское хозяйство будет представлять собой «разновидность индустрии» (Маркс), т. е. наше сельское хозяйство в основном будет опираться на фабрики зерна, на системы машин. Такую идею я выдвинул не случайно. Я выдвинул ее для того, чтобы обосновать огромный рост производительности труда не только в промышленности, но и в сельском хозяйстве. Поэтому я не считаю нужным изменять мое предположение.

Второй спорный вопрос — о росте производительности труда. Я говорил, что производительность труда является в моей схеме исходным показателем. Оппоненты, выступавшие по этому вопросу, говорили, что я не обосновал рост производительности труда в 3.7 раз. Я исходил из предположения, что мы перегоним за 15 лет производительность труда американского рабочего. Это — отправной вариант. Потом я начал высчитывать, до какого максимального предела мы можем подняться. Исходя из материалов советского хозяйства, которые охватывают уже 20 лет строительства (с учетом материалов второй пятилетки), я смог сделать некоторые выводы насчет дальнейшего 10-летнего роста производительности труда. Если во второй пятилетке производительность труда при неизменном рабочем дне возрастет на 55—60%, то в третьей пятилетке этот рост несколько замедлится (до 50%), а в четвертой — до 45%. Я учитываю постепенное снижение роста производительности труда в связи с тем, что после завершения технической реконструкции второй пятилетки рост производительности труда на новых предприятиях происходит уже более медленными темпами, чем он происходит сейчас при технической реконструкции. Это не означает, однако, что я принял за правило снижение производительности труда. Произойдет новый тур технической революции, и в результате мы будем иметь новый резкий скачок кривой производительности труда. Но пока мы этот вопрос не затрагиваем; речь идет о ближайших трех пятилетках. С учетом сокраще-

ния рабочего дня темп роста производительности труда возрастает. От производительности труда я определяю все основные показатели в моей схеме, которые получены не случайно, а вытекают из производительности труда.

Мои оппоненты указывали, что я совершенно не затрагивал вопроса о сельском хозяйстве. Я совершенно согласен, что без развития сельского хозяйства нельзя разработать, хотя бы и вчерне, какую бы то ни было схему народного хозяйства.

В докладе я назвал только самые важные показатели, необходимые для наших расчетов по энергобалансу СССР и районов, в которых потребление сельского хозяйства составляет сравнительно небольшую величину. Я сделал целый ряд расчетов, исходя, с одной стороны, из той пропорции, которую занимает сельское хозяйство в общей продукции промышленности и сельского хозяйства вместе взятых и, с другой стороны, из роста потребления населением сельскохозяйственных продуктов.

Таким образом, я получил определенную гипотезу роста народного дохода. От народных доходов я перешел к определению капиталовложений и масштаба фонда потребления.

Оппоненты указывали, что не может быть такого положения, когда фонд потребления растет быстрее, чем фонд накопления. Действительно, по моей гипотезе средства производства тяжелой промышленности возрастают в 8—9 раз, в то время как фонд потребления, куда я включил и резервы, возрастает в 10—11 раз. Во вторую пятилетку фонд потребления вырастает приблизительно в три раза, в то время как фонд накопления вырастает приблизительно в два раза. Если мы получим такое исходное положение, то даже при некотором относительном росте фонда накопления в течение дальнейших двух пятилеток фонд потребления растет быстрее.

Я должен еще раз заявить, что мои исчисления не относятся к определенным календарным годам, а к определенным уровням развития народного хозяйства.

Волжская проблема рисуется нам не как проблема далеких десятилетий, некоторые вопросы этой проблемы, как, например, вопрос ирригации, являются вопросами сегодняшнего дня. Поэтому нам было необходимо выяснить, как можем мы совершить это строительство в течение ближайших пятилетий.

Что касается кардинального вопроса моего доклада, именно вопроса о методе составления этой гипотезы, то оппоненты, не оспаривая приведенных мною абсолютных цифр, приводили возражения против метода построения гипотезы.

В прежнее время при разработке гипотезы генплана у нас было принято подходить к этому вопросу с точки зрения абстрактной схемы воспроизводства, при помощи определенных народно-хозяйственных коэффициентов, на основе которых выведена динамика народного хозяйства на десятилетия вперед.

Я взял за исходный момент конкретные материалы нашей советской действительности на 20-летний период. Для определения про-

мышленной продукции я пытался получить эту величину в первом приближении путем изучения техно-производственных пропорций, существующих между разными отраслями. Изучая динамику сдвигов этих пропорций, я мог набросать приблизительно масштабы производства к концу периода генплана.

Один из оппонентов обвиняет меня за это в бухаринщине, утверждая, что я механически перенес пропорции капиталистического хозяйства на динамику советского хозяйства. Из приведенных мною цифр этого совершенно нельзя вывести. Пропорции, которые мы будем иметь в дальнейшем, которые у нас сейчас в СССР имеются между продукцией разных отраслей промышленности, совершенно иные, чем в капиталистических странах. Я использовал материалы мирового хозяйства для сравнения и противопоставления с материалами, имеющимися по нашему хозяйству. 20 лет развития советской промышленности уже дают определенную базу для выявления народно-хозяйственных пропорций, меняющихся соответственно экономической политике советской власти и вытекающего отсюда технического прогресса.

Совершенно ясно, что для развертывания строительства электрохозяйства в масштабе 45 млн. квт необходимо знать количество потребного для этого металла — меди, алюминия и т. д. Пропорция между количествами энергии и металла, естественно, может служить определенной точкой опоры для того, чтобы набросать схему дальнейшего развития промышленной продукции.

Опираться только на эти данные (а моя установка была понята оппонентами именно так) было бы ошибочно. Но этот путь был для меня только одним из вспомогательных методов. Я, кроме того, учел план развития отдельных районов на вторую пятилетку и на период генерального плана. При содействии крупных специалистов, занимающихся составлением гипотез развития отдельных отраслей хозяйства, мне удалось проверить полученные мною масштабы, причем в основном мне не пришлось изменять те цифры, которые были получены путем структурного анализа.

Таким образом, здесь никакой бухаринщины нет: возникшее недоразумение объясняется тем, что оппоненты не поняли меня ввиду краткости доклада и схематичности изложения; не имея возможности разработать подробно баланс народного хозяйства, приходится прибегать к несовершенным вспомогательным методам, но которые, однако, дали определенную опору для указанной цели.

Один из оппонентов особенно возражал мне по вопросу развития машиностроения. Я предусматриваю за этот период рост всей тяжелой промышленности в целом. Оппонент указывал, что здесь не чувствуется ведущей роли машиностроения, которое должно расти быстрее, чем вся промышленность. Сейчас у нас машиностроение составляет 22% всей продукции промышленности. Но у нас имеются такие отрасли промышленности, как, например, цветные металлы и химическая промышленность, которые пока слабо развиты. Они должны расти быстрее, чем машиностроение, и за пределами второй пятилетки. Я не могу

предположить удельный вес машиностроения выше, чем 25% всей промышленной продукции.

В заключение еще раз подчеркну, что наши работы были лишь грубо ориентировочными набросками и служили только средством для выяснения масштабов потребления энергии всей страной и отдельными районами. Поэтому мне не понадобилось всесторонней разработки этой гипотезы. Однако все наши сводные цифры основаны на длительном и подробном анализе материалов по данному показателю.

Председатель. Прежде чем перейти к следующему докладу, я хочу сделать несколько замечаний по поводу имевших место выступлений.

Мы рады, что дискуссия была очень оживленной и очень жалеем, что многие из оппонентов сейчас отсутствуют.

Работы, которые произведены Энергетическим институтом при деятельном участии экономистов Управления Большой Волги, не могут быть отнесены к категории так называемых чисто экономических изысканий. Я бы просил экономиста чистой марки, который прослушал доклад С. А. Кукель-Краевского, отделить техническую сущность его расчетов от экономической. Мы выступаем в Энергетическом институте с орудием техно-экономического, а не просто экономического анализа, и напрасно некоторые оппоненты пытались отойти от техно-экономического анализа к так называемому чисто экономическому. Это была основная ошибка некоторых оппонентов. К числу последних я, конечно, не отношу акад. С. Г. Струмилина, который держался той же линии обсуждения, какой держались и мы.

Рассматривая по существу выводы, которые дает З. И. Ракóши в основном докладе, находим, что он, беря даже явно неблагоприятные предпосылки, исходя из минимального разворота общих ресурсов народного хозяйства, оценивает всю Волжскую проблему в доле двух-трех процентов от общих капиталовложений. Тем самым З. И. Ракоши дает успокоительное заверение, что здесь идет речь о возможных работах, к которым следует приступить, несмотря на громадные по абсолютным размерам расходы. Все это вполне входит в общие масштабы развертывания всего народного хозяйства, т. е. здесь мы имеем положительное решение вопроса. Как можно на этом основании обвинить человека в том, что он хочет «взорвать». Это значит — основной вывод тов. З. И. Ракоши поставить на голову.

В чем заключается положительная сторона только что прошедшей перед нами дискуссии, в которой мы заинтересованы самым существенным образом. Ответственность, которая падает прежде всего на нас, идет именно по этой основной линии. Представляют ли громадные работы, о которых мы говорим, требующие расхода десятков миллиардов народных средств грубый отрыв от возможных диспозиций в перспективах народного хозяйства? И если этого нет, насколько тверда почва, на которой мы стоим, рекомендуя громадному коллективу заняться этой проблемой как одной из центральных проблем по намечаемым сейчас линиям? В этом заключается суть дела. Для нас совершенно ясно, что положительный ответ на этот основной вопрос можно

дать не таким способом, каким даем его мы; мы признаем, что все те критики, которые указывали на недостаточно полноценный ответ по этому вопросу, справедливы. В самом начале своего доклада я резко подчеркнул, что проблема Большой Волги—одна из основных, решающих проблем генерального плана народного хозяйства, и что подойти к полноценному решению этой проблемы можно, только имея генеральный план народного хозяйства.. Все те оппоненты, которые добросовестно старались поближе подвести нас к тем дополнениям, которые необходимо сделать в первоначальной схеме, рабочей гипотезе, совершенно правы в смысле направления дальнейшей работы, но не правы, когда они требуют от нас генерального плана. Мы генерального плана не дали и дать не могли, и для нас еще вопрос, каким методом мы подойдем к его выявлению.

Итак, мы признаем, что критика, указывающая нам на то, что проблема Большой Волги предлагается общественному обсуждению без генплана, совершенно справедлива.

Нам без той или иной решительной оценки цифр и наметок, содержащихся в основных докладах, нельзя было обойтись, потому что без этого мы буквально разоружены.

В результате нашей дискуссии мы получили до некоторой степени успокоительный вывод. Порядок цифр, приведенный в докладах у таких опытных плановиков, как акад. С. Г. Струмилин, не вызывает сомнений. Весьма важно отметить попытки некоторых товарищей произвести расчет другими способами, которые в результате дали те же самые цифры.

Многие оппоненты критиковали очень резко методологию и структуру построений, намеченных в основном докладе З. И. Ракоши, но общий вывод был таков: «Мы все согласны с тем, что в порядке первого приближения это очень похоже на то, что будет», большего сказать нельзя.

Такой вывод является реальным моментом, и мы должны спросить себя, как могло случиться, что люди самых разнообразных школ и направлений как будто согласны с итогами этой работы. Конечно, это могло случиться только в том случае, если в основе метод был правильный.

Остановимся теперь на этом методе по существу. Генерального плана у нас нет. Сейчас мы не можем дать для того или иного уровня народного хозяйства логически обоснованной и крепко спаянной системы показателей. Мы намечаем лишь с большой степенью вероятности только отдельные показатели народного хозяйства, показываем отдельные основные звенья; если мы удачно взяли эти звенья, то придем к более или менее благоприятному концу, если же неудачно, то предрешен неуспех.

Для нас особенно опасно в таких случаях перехлестывание. Владимир Ильич Ленин в одном письме ко мне писал: «Несчастье всех наших перспективных планов — это то, что мы рассчитываем на самое лучшее, а жизнь опрокидывает нас на самое худшее. рассчитывать нам надо на самое худшее».

Нам необходима проектировка, которая исходила бы из расчета на возможность самого худшего. З. И. Ракоши напрасно не подчеркнул эту сторону своих исследований: брать в перспективных наметках худшее.

Первая линия — берите самое худшее. Если в этом отношении есть недоделки — их надо поправить.

Акад. С. Г. Струмилин предлагал взять процент производительности труда 750% и даже 1000% вместо 350%, из которых исходил З. И. Ракоши. С такой целевой установкой я вполне согласен. Если возьмем 1000%, и то это будет соответствовать формам развернутого социализма.

Однако мы здесь не генеральный план составляем, а хотим взять самые минимальные возможности, чтобы выяснить, какой уровень нам во всяком случае обеспечен.

З. И. Ракоши сделал одну ошибку: необходимо было прямо взять американский уровень, потому что это самое худшее, что может быть. Если в 15 лет, при наших возможностях, мы не добьемся уровня американского хозяйства, то получится форменный скандал. Я считаю, что для расчетов нужно поставить такое ограничение. Я полагаю, что в 15 таких лет, как вторая, третья и четвертая пятилетка, мы американского уровня добьемся при всяких обстоятельствах.

Акад. С. Г. Струмилин в частных разговорах со мной подчеркивал, что мы делаем большую ошибку, сравнивая уровни производительности труда и не расшифровывая мистики тех цифр мировой экономики, которыми пользуемся. Мы берем цены заграничного мира, делаем валютные пересчеты цен и принимаем, что производительность труда нашего рабочего меньше производительности американского рабочего в 3—3.5 раза. Акад. С. Г. Струмилин утверждает, что это не так и что производительность труда американского рабочего гораздо меньше отличается от нашего. Некритический подход к индексу приводит к такому расчету. Но мы берем самые худшие условия и допускаем, что индекс расчитан правильно. Мы знаем одну нематематическую формулу: наш рабочий на американском рынке труда считается одним из самых лучших рабочих. Это можно проследить по жизненным данным.

Но зато из таких цифр подъема производительности труда мы можем спокойно исходить с полной уверенностью, что в действительности наши ожидания могут быть только превзойдены.

Далее, некоторые оппоненты недоумевали: почему линия подъема продукции по тяжелой индустрии оказывается перебитой линией подъема производства продовольственных средств, легкой промышленности и т. п. Я вас спрашиваю: от какого уровня вы считаете? Предположим, в ближайшие 15 лет мы хотим в 10 раз изменить жизненный стандарт. Ученый экономист скажет на это: быть так не может, — и разовьет идеи машинизации, ведущего начала машин тяжелой промышленности и т. п. А я вас спрошу: где у нас в настоящее время глубочайший разрыв, который характеризует, конечно, не закономерности, а трудности социалистического подъема? Ясно, что этот разрыв в том, что единицы нашего питания, от которых мы исходим, намечая уве-

личение на ближайшие годы, неравносильны единицам индустриального подъема и переворота, который совершен в структуре народного хозяйства. Поэтому тов. З. И. Ракоши говорит, что если мы в 10 раз поднимем производство предметов потребления, то это не значит, что мы тем самым хотим уменьшить роль машиностроения, тяжелой промышленности. Иная постановка вопроса — схоластика. Ясно, что в ближайшее время нам нужно снять указанный разрыв со счетов; однако это не означает, что наш рабочий станет человеком с двойным желудком, будет на манер аристократов старого порядка три раза в день переменять костюм и пр. Поэтому в дальнейшем кривые роста потребления будут носить плавный характер.

В общем, после всей критики гипотезы З. И. Ракоши мы приходим к довольно большому единодушию, но из этого не следует, что мы должны ограничиться первым только что проделанным этапом работы.

Достоинство доклада З. И. Ракоши было в резком самоограничении, а недостаток в том, что он начал заботиться о второстепенных моментах.

Те оппоненты, которые предлагают усовершенствовать работу тов. З. И. Ракоши введением баланса всего хозяйства, толкают как-раз в самом вредном направлении. Ведь речь идет о составлении баланса для генерального плана всего народного хозяйства в движении. А ведь мы при составлении пятилетнего плана никак не могли подняться до балансового учета. Если мы толкнем его на путь подсчета многочисленных отдельных и частных моментов, то это очень опасная вещь.

Тов. С. А. Кукель-Краевский хотел предложить другую крайность: взять соответствующее целое, потом удвоение, затем следующее удвоение и т. д. Но это будет упрощенчество.

Мне кажется, что вывод должен быть такой: в основном, в черновом виде отправные моменты всей нашей дискуссии об уровне народного хозяйства примерно правильны. Это, однако, не план, не суррогат плана, — это есть попытка извлечения основных народно-хозяйственных показателей, главным образом по линии решающей, индустриальной, которая помогает ответить на вопрос, в состоянии ли мы по грубым предположениям, исходя из самых минимальных и осторожных предпосылок, приступить к этому великому строительству. В таком виде нам нужно довести работу до конца, отсечь все, что усложняет дискуссию, может стать еще более осторожными в оценке некоторых моментов. Вероятно порядок цифр в основном будет тот же самый. Но мы подпишемся под ним после дальнейшей проработки.

Участие таких крупных экономистов, как акад. С. Г. Струмилин для нас драгоценно, и мы попросим его поработать с нами. В оформлении наших документов много дефектов. Необходимо их привести в порядок.

Поэтому я предлагаю выработать резолюцию, которая помогла бы причесать все эти первые попытки и подготовить их к выходу в свет в таком виде, чтобы мы не нуждались в дискуссиях, подобных настоящей и чтобы обсуждение этой важной для народного хозяйства проблемы с самого же начала при вступлении своем в свет не сопро-

вождалось неблагоприятными моментами. Тогда мы сможем дать наказ тов. З. И. Ракоши и остальным товарищам для окончательной редакции представленных ими докладов.

Я бы предложил принять следующее решение: создать комиссию для составления резолюций в этом направлении, в которую включить товарищей: Струмилина, Шателена, Русаковского, Чарданцева, Ракоши, Ельяшевича и Вейца.

Необходимо отсечь ненужное, упростить, включить сюда моменты ограничения и не мечтать, что мы подменим генеральный план. Давайте придадим этому делу больший реализм в тех предпосылках, без которых разрешить эту проблему с техно-экономической точки зрения нельзя. (*Предложение принимается.*)

Председатель. Слово предоставляется Р. А. Ферману для доклада на тему «Методология составления балансов энергоснабжения районов на примере схемы Большой Волги».

Р. А. ФЕРМАН

МЕТОДОЛОГИЯ СОСТАВЛЕНИЯ БАЛАНСОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ РАЙОНОВ НА ПРИМЕРЕ БОЛЬШОЙ ВОЛГИ

В энергетической части схемы реконструкции Волги основными вопросами на настоящей стадии работы были: во-первых, выяснение требований, предъявляемых к энергетике волжскими районами, или иными словами, выявление спроса на электроэнергию, который возникает к какому-нибудь моменту развития народно-хозяйственной жизни страны (мы взяли условно 1942 г.), во-вторых, составление баланса энергоснабжения волжских районов, т. е. увязка работы тепловых станций с гидростанциями.

В этом вопросе, за неимением каких-либо литературных указаний, работникам Гидроэлектропроекта пришлось итти собственными путями, о которых я и хочу здесь вкратце доложить.

Создать баланс энергоснабжения какого-нибудь района, или комплекса районов, это значит — создать такой график работы всех генерирующих источников, который бы совпадал с графиком потребления, и разбить его между отдельными видами энергии.

В схеме Большой Волги мы имели три вида источников электроэнергии: 1) теплофикационные станции в части, работающей исключительно по тепловому графику, 2) конденсационная часть теплофикационных станций или чисто конденсационные станции и, наконец, 3) гидростанции.

Следовало бы рассмотреть еще четвертый вид генерации энергии — энергию ветряную, тем более, что в заволжских районах имеются все предпосылки для использования этой энергии.

В качестве примера назову только одну цифру — район одних лишь Сыртов по теоретическим подсчетам может дать 30 млрд. квтч. ветряной энергии.

Однако, мы совершенно исключили из нашего рассмотрения ветряные установки отчасти потому, что неизвестно, когда они дей-

ствительно воплотятся в жизнь, а с другой стороны, из тех соображений, что ветряные установки будут влиять на баланс энергии, но вряд ли будут влиять на баланс мощности, который является решающим, поскольку они капризны по своей отдаче.

Рассмотренные нами три вида генерирующих источников характерны следующим: теплофикационные станции, если предъявить какой-то определенный спрос на тепловую энергию, имеют определенный график, и с ним воля составителя баланса ничего не может поделать. Они являются той постоянной величиной, которая не поддается изменению. Что касается гидроэнергии, то при заданном количестве аггрегатов, при выбранном годе, выработка энергии является постоянной, т. е. в графике отдачи станции мы имеем определенную площадь, величину которой мы не можем менять, но мощность отдачи (ординаты) находятся в воле составителя баланса энергоснабжения, и здесь мы имеем переменную величину (ограниченную своим максимумом).

Что касается конденсационных станций, то они полностью находятся в воле составителя баланса и могут меняться как по энергии, так и по мощности. Поскольку, таким образом, в задачу составления графика отдачи генерирующих источников входит несколько переменных величин, мы можем решить эту задачу, получив бесконечное количество решений. Но для того, чтобы решение было одно, мы должны ввести новое требование, а именно — требование минимума капиталовложений при заданной мощности гидростанций и теплофикации. Это значит, что мы должны до минимума снизить конденсационные части наших станций.

При нашем решении мы следовали графическому методу составления балансов, причем задавались целью не только не иметь дублирования во время годового максимума нагрузки, о котором говорил С. А. Кукель-Краевский, но мы поставили несколько более суровое требование — не иметь излишков мощности при всех суточных максимумах во все времена года.

На первый взгляд казалось бы, что такую задачу решить невозможно, т. е. что в максимумы отдельных периодов года мы получим неизбежно излишки мощности. Но здесь на помощь приходит другая переменная, — именно график планового ремонта, который мы можем укладывать как угодно и, таким образом, добиться того, чтобы у нас во все времена года никакого излишка мощности не было, кроме заданного резерва.

Для решения наших задач прежде всего было необходимо построить график потребления. Районы, которые мы рассматривали на основании данных, полученных от Энергетического института, следующие: Сталинградский, Самарский, Казанский, Горьковский, Иваново-Вознесенский и Московский. Эти шесть районов мы слили в одну энергетическую систему и рассматривали общий график потребления для всех шести районов в целом. Уральский район мы рассматривали отдельно, так же, как и Ленинградский. Мы их рассматривали отдельно из-за того, что они довольно хорошо покрываются

теми источниками, которые находятся внутри них; связь их с другими районами усложнила бы нашу задачу, а потому для первого этапа нашей работы, для упрощения, мы и взяли только шесть районов.

На основании данных и графиков отдельных узлов, полученных от Энергетического института Академии Наук, мы составили общий график потребления как суточный, так и график годовых максимумов. В этом графике годовых максимумов при сложении всех графиков районов была учтена разница во времени между районами. Это составило для лета 220 мгвт и для зимы —90 мгвт. Имея, таким образом, зимний и летний максимум, мы получили всю кривую, приняв ее за синусоиду и затем изломав ее в лестничную линию.

В результате для этих шести районов зимний максимум составил 6.5 млн. квт, без учета электроемких производств. С учетом их — 7 млн. квт, с потреблением в год 38.85 млрд. квтч. в первом случае и 42.48 млрд. квтч. во втором случае.

В полученный таким образом график максимумов нагрузки, увеличенный еще 10-процентным резервом, прежде всего был вписан график отдачи теплофикационных станций за счет отдачи тепловой энергии, без конденсационных «хвостов». Цифры показали, что по зимнему максимуму в этих шести комплексах теплофикационными станциями может быть дано 3.65 млн. квт, т. е. примерно половина максимума нагрузки, с выработкой 12.5 млрд. квтч. в год. От теплофикационных станций мы имеем, таким образом, около 30% всей потребной энергии.

Что касается величины этих теплофикационных станций, то следует отметить, что наметки, которые были сделаны по теплофикации, вообще довольно большие. Многие наши сотрудники сомневаются, удастся ли теплофикацию провести в таком размере. В частности, ставился такой вопрос: не будут ли затем многие теплофикационные процессы—технологические процессы и отопление домов — переведены на электроэнергию, т. е. не будет ли теплофикация проведена при помощи электрификации, если можно так выразиться. Известно, что в Канаде имеется электрических котлов на 1 млн. квт. В Западной Европе 1.5 млн. квт в электрокотлах для выработки пара. В Канаде имеются отдельные аггрегаты электрокотлов — в 42 тыс. кв. Казалось бы техника идет в том направлении, чтобы заменить в некоторых случаях производство пара на теплофикационных станциях производством его при помощи электричества. Это возможно только в том случае, если имеется очень дешевая гидроэнергия. Эти перспективы, конечно, сильно изменят весь тот прогноз, который мы сейчас делаем, но пока пришлось отказаться от учета таких перспектив.

На график отдачи теплофикационных станций мы наращивали график той отдачи, которую мы можем получить на конденсационных «хвостах», т. е. то, что мы максимально можем получить с конденсационных «хвостов» при заданных стандартах машин, которые были нами приняты.

Мы получили излишек. В этот излишек мы должны были вложить плановый ремонт, а с другой стороны — это именно то сокра-

щение, которое необходимо произвести в конденсационных станциях. Чтобы произвести это сокращение, мы должны были пойти по линии сокращения конденсационных «хвостов», а не конденсационных станций, поскольку конденсационные станции включены только те, которые к рассматриваемому моменту предположены существующими. Если мы сокращаем конденсационные «хвосты» то приходится учитывать то, что летом, когда теплофикационная машина работает исключительно на конденсаторе, она отдаст в соответствии с выбранными стандартами больше энергии, чем зимой, когда она работает и на конденсатор и отдает пар. Расчеты показали, что это отношение составляет примерно три, т. е., сокращая зимой 1 квт располагаемой мощности, мы тем самым летом сокращаем 3 квт. Располагая ремонт как показано в заштрихованной части графика, мы могли добиться такого положения, что у нас снизилась годовая отдача по максимуму всех станций, как-раз до кривой потребления. Мы получили, что во все дни года мы имеем всегда полное соответствие между спросом и отдачей наших станций без всякого дублирования на весь год. Цифры при этом получены следующие: для шести комплексов Сталинград—Москва на гидростанциях установленные мощности составляют 1.575 квт в варианте без Самарской станции с отдачей 7.3 млрд. квтч.

Второй вариант, который включал Самарскую станцию, имел по гидростанциям максимальную отдачу 2.275 млн. квт, с годовой отдачей 12.8 млрд. квтч.

Таким образом, мы имеем до 30 % всей потребности в районе, отнесенных на счет гидростанций.

Когда мы попробовали таким же способом составить график для случая Самарской станции с 16 машинами, то оказалось, что полного совпадения графика отдачи и графика потребления произвести невозможно, так как прирост гидромощности заставлял снизить конденсационные «хвосты» сильнее чем это было возможно; поэтому пришлось убавить Самарскую станцию до 11 аггрегатов и удалось удовлетворить тому требованию, о котором я говорил: во все дни года не было излишка мощности.

Проделав всю эту работу на общем графике шести комплексов и получив таким образом величину уреза конденсационных «хвостов», мы перешли к отдельным графикам каждого района и проделали здесь то же самое, имея уже заданную суммарную срезку конденсационных «хвостов», а затем перешли к суточным (зимним и летним) графикам, на которых просмотрели, как надо уложить энергию, чтобы заданное количество гидроэнергии действительно уместилось. В результате в районе Москва—Сталинград мы получили сокращение конденсационных «хвостов» на 780 тыс. квт; при этом остались конденсационные машины на 1.200 тыс. квт.

Весьма характерно что в районе Самара—Сталинград, где мы имеем ирригационную нагрузку, сильно повышающую потребление (а между тем теплофикационные станции рассчитывались помимо этого, т. е. ирригация не влияла на их расчеты), мы, прибавляя гидроэнергию доно-волжских станций, увеличили число часов использова-

ния конденсационных и теплофикационных станций на их конденсационных «хвостах», т. е., как говорил проф. Г. К. Ризенкампф, мы использовали провалы графиков на тепловых станциях. Таким образом, здесь сказалась очень крупная роль гидростанций. Нам пришлось повысить число часов использования теплостанций в Сталинградском районе с 4.9 тыс. часов, которые были до ирригации, до 6.9 тыс. часов.

Рассмотрение баланса и получение окончательных цифр по каждому району дало возможность сделать затем все расчеты по линии передачи из одного района в другой, поскольку было ясно, какие мощности мы передаем.

Отсюда, имея всю картину энергетического режима района, мы могли перейти к чисто экономическим показателям, т. е. вычислить капиталовложения и стоимость киловатт-часа в каждом из рассматриваемых вариантов.

Для сравнения мы просчитали еще вариант чисто тепловых станций, т. е. удовлетворяющих весь спрос без гидроэнергии только на одних тепловых станциях.

Таким образом, мы провели сравнения между различными вариантами. В результате получилось, что по варианту без Самарской станции средняя себестоимость киловатт-часа определилась в 2.9 коп., а по чисто тепловому варианту 3.4 коп. Правда, капитальные затраты в первом варианте, гидравлическом, больше на 2 млрд. руб. (на 20%). Отсюда окупаемость определилась в 7—6 лет. Для других вариантов цифры получились такого же порядка.

Заканчивая свой доклад, отмечу только, что проделанная нами работа, конечно не является исчерпывающей, это только первый тур. Нашей задачей было только иллюстрировать возможность технического и экономического использования той гидроэнергии, которая предвидится у нас в схеме реконструкции Волги и выяснить количественную увязку между тепловыми станциями и гидростанциями.

Выводы из моего доклада сводятся к следующему:

1) Создать баланс энергоснабжения какого-либо района значит составить график отдачи энергии генерирующими источниками системы, совпадающий с графиком энергопотребления данного района и распределить этот график отдачи по составляющим между имеющимися в системе генерирующими источниками.

В условиях схемы реконструкции Волги мы рассматриваем 3 вида генерирующих источников: теплофикационные станции, гидростанции и конденсационные станции (включая в таковые и конденсационные «хвосты» теплофикационных станций).

Особый вид генерации энергии—ветряные двигатели—безусловно будут также в будущем иметь существенное значение в вопросе энергоснабжения специально Заволжья, но в настоящей стадии работы количественно не рассматриваются.

2) Указанные 3 вида электростанций в отношении баланса энергоснабжения характерны следующим:

а) Теплофикационные станции имеют совершенно определенный (теоретически предвиденный) график выработки, не зависящий от воли

составителя баланса. Правда, иногда выдвигается то положение, что отопительная нагрузка может быть в известных пределах диспетчерски регулируема, но, помимо сомнительности практического осуществления такого положения, абсолютная величина такой регулировки графика навряд ли может быть существенна в масштабах энергобаланса схемы реконструкции Волги. Мы принимаем, поэтому, график отдачи энергии в теплофикационном процессе в качестве заданного, не подлежащего изменению.

б) Гидростанции имеют при заданном числе аггрегатов определенную годовую выработку (мы ограничиваемся пока средним гидрологическим годом), которая обязательна к использованию, т. е. мы имеем в качестве постоянной величины площадь слагающей части графика отдачи по гидростанциям, ординаты же этой слагающей части графика (мощности) являются величинами переменными, но ограниченными условиями регулирования стока, напором, числом аггрегатов, условиями навигации — индивидуальными условиями каждой гидростанции.

в) Третья слагающая часть графика отдачи системы — работа конденсационных станций (и конденсационных «хвостов») практически является той переменной, которая находится полностью в распоряжении составителя баланса, поскольку она не ограничена условиями, лежащими вне его воли.

3) Поскольку таким образом в составлении графика участвуют несколько переменных, частью ограниченных, частью не ограниченных, задача создания баланса, вообще говоря, допускает бесконечное число решений. Оптимальным решением является решение на минимум капиталовложения, так как при этом, очевидно, будет достигнут и минимум ежегодных расходов: годовые расходы, независимые от капиталовложения, а именно расход на топливо при всех вариантах баланса одинаков (при заданной постоянной величине годовой выработки в теплофикационном процессе и на гидростанциях).

Минимум капиталовложений совпадает, в наших условиях, с минимумом установленной мощности в конденсационных станциях (включая и конденсационные «хвосты»). Вводя это условие, задача составления баланса становится определенной, допускающий одно или по крайней мере ограниченное число решений. Само собой понятно, что решение этой задачи является делом очень сложным, кропотливым, не давая возможности применения в полной мере ни математического, ни графического анализа.

4) Решение задачи балансирования, в условиях схемы реконструкции Волги, проведено графо-аналитическим способом, состоящим в основном в том, что балансирование проведено по затребованной мощности, т. е. из условия минимума установленной мощности конденсационных машин (включая «хвосты»), и затем произведена проверка (корректирование) по балансу энергетики, который, как указывалось выше, можно рассматривать заданным.

5) Балансирование по мощности проводилось из условия покрытия генерирующими источниками затребованных потребителем су-

точных максимумов мощности, причем условие минимума капиталовложения считалось полностью выполненным, если в течение всего года во время суточных максимумов нагрузки не наблюдалось излишка установленной генерирующей мощности, т. е. не было «дублирования» мощности. Этого отсутствия «дублирования» во время суточных максимумов в течение всего года можно достигнуть за счет введения еще одной переменной величины в энергобаланс: мощности (ординаты) планового ремонта машин (площадь графика планового ремонта задана условием необходимости 1 месяца для производства ремонта любого аггрегата).

6) Таким образом, для решения поставленной задачи требовалось прежде всего составить «годовую кривую суточных максимумов нагрузки». В схеме реконструкции Волги мы исходим из электрического объединения (в значительной мере условно) в одну систему 6 электрических комплексов: Сталинградского Самарского, Казанского, Горьковского, Ивановского и Московского (Уральский комплекс рассмотрен тем же методом отдельно). Полученные на основе данных Энергетического института Академии Наук суточные графики нагрузок этих комплексов были сложены вместе с учетом поясной разницы во времени между этими комплексами. Такое сложение дало против простого арифметического сложения снижение максимума общей нагрузки системы в размере 90 мгвт зимой и 220 мгвт летом. Полученные таким образом две точки годовой кривой максимумов нагрузки, декабрьской и ноябрьской, позволили в некотором приближении построить всю годовую кривую, приняв ее за синусоиду. В целях некоторого упрощения работы эта синусоида изменена затем в лестничную ломаную линию со ступенями, отвечающими каждому месяцу, т. е. в предположении неизменного среднего суточного максимума в течение месяца. К ординатам этой кривой максимумов нагрузки прибавлены дополнительные нагрузки по проекту ирригации, электрифицированному дождеванию и электрифицированным полевым сельскохозяйственным процессам, а затем прибавлено еще 10% резерва, и таким образом получена годовая кривая потребного максимума мощности генерирующих источников, исходя из того положения, что в системе в любой момент должна быть запасная мощность определенной величины. Размер этого запаса принят в 10% условно, точное определение этой величины является особой, весьма сложной задачей.

В результате подсчетов нами получены следующие цифры (к условному 1942 г.):

	Зимний макс. (мгвт)	Летний макс. (мгвт)	Потр. энергия на станц. за год (квтч.)
а) для 6 комплексов Сталинград — Москва без учета электроемк. производств в Заволжьи . . .	6570	5430	$38\,850 \times 10^6$
б) тоже с учетом электроемких произв.	7050	5900	$42\,400 \times 10^6$
в) для Уральского компл.	1980	1500	$11\,400 \times 10^6$
Всего без электроемк. произв.	—	—	$50\,250 \times 10^6$
Всего с электроемк. произв. .	—	—	$53\,800 \times 10^6$

7) В полученный таким образом годовой график потребной максимальной мощности вписываем прежде всего график теплофикационной мощности, отвечающий моментам максимальной нагрузки. Приходится отметить, что этот график не является графиком максимальной мощности по теплофикационному процессу, поскольку моменты максимальной электрической нагрузки и момент максимальной тепловой нагрузки могут не совпадать. Этот график не зависит от выбираемого типа теплофикационных машин и определяется только параметрами и количеством заданного на производство и отопление пара. В схеме реконструкции Волги нами получены следующие цифры:

	Зимн. макс. по тепл. %		Летн. макс. по тепл. %		Годов. выработка энергии в тепл. % квтч.
	ден. емк. мгвт	в пер. эл. макс. мгвт	ден. емк. мгвт	в пер. эл. макс. мгвт	
а) для 6 комплекс. Сталинград — Москва без учета электроемк. произв. в Заволжьи	3650	3275	1070	410	$12\,502 \times 10^6$
б) то же с учетом электроемк. произв. . . .	3705	3330	1000	415	$12\,718 \times 10^6$
в) для Уральск. компл. .	625	500	230	45	$2\,114 \times 10^6$
Всего без электремк. произв. . . .	—	—	—	—	$14\,616 \times 10^6$
Всего с электроемк. произв. . . .	—	—	—	—	$14\,832 \times 10^6$

8) Если к полученному годовому графику теплофикационной мощности прибавить годовой график располагаемой максимальной мощности гидростанций, то разница между таким суммарным графиком и годовым графиком потребной максимальной мощности давала бы возможность судить о величине, необходимой в системе конденсационной мощности (включая «хвосты»). Однако в примененном методе принят другой способ: определяется график максимально возможной отдачи генерирующих источников, т. е. к теплофикационному графику прибавляется график возможного максимума на теплофикационных «хвостах» (в моменты максимума нагрузок) + максимальная (номинальная) мощность тех конденсационных станций, которые предполагаются уже построенными (к 1937 г.) + максимально располагаемая мощность гидростанций в моменты, отвечающие максимальной нагрузке, и по превышению полученной таким образом годовой кривой максимально возможных максимумов отдачи и годовой кривой потребных максимумов определяют величину конденсационной мощности («хвостов»), подлежащей сокращению.

Таким образом, следующим действием нашего метода явилось построение годового графика располагаемой мощности на конденсационных «хвостах» теплофикационных станций в моменты максимальных нагрузок.

Эта мощность всецело зависит от типа принятых теплофикационных машин. В схеме реконструкции Волги нами принят, по соглашению с Энергетическим институтом Академии Наук, смешанный тип теплофикационных станций, состоящий из машин ПО — противодавленческих с отбором пара в 7 ата и противодавлением в 1.2 ата — машин КО — конденсационных машин с отбором пара в 1.2 ата; последний тип машин принят с постоянным допуском пара. Распределение потребного пара между машинами ПО и КО сделано с таким расчетом, чтобы в летнее время всю тепловую нагрузку покрывали только машины ПО, имея при этом еще 30-проц. резерв для возможности производства планового ремонта (20%) и сохранения теплофикационного резерва (в размере 10%). Применение таких типов продиктовано стремлением сократить величину «хвостов» (КО), с одной стороны, с целью возможного использования гидроэнергии, с другой стороны, с целью сокращения расхода топлива (на районных конденсационных станциях требуется меньше топлива, чем для работы «хвостов», и имеются лучшие предпосылки для использования именно местного топлива). Дальнейшее снижение значения «хвостов» может итти только по пути увеличения машин ПО и уменьшения машин КО — в пределе до полного отсутствия машин КО. Этот путь и будет нами использован при операции сокращения излишней конденсационной мощности, как показано ниже.

К полученному годовому графику максимальной отдачи энергии на конденсационных «хвостах» в моменты максимума нагрузок был прибавлен обязательный аварийный теплофикационный резерв в машинах КО в размере 10% от теплофикационного максимума, причем учитывалось то обстоятельство, что эффективная величина этого резерва летом на 45% больше, чем зимой.

В схеме реконструкции Волги нами получены следующие цифры:

	Зимний макс. на «хвостах» (мгвт)	Летний макс. на «хвостах» (мгвт)
а) для 6 комплексов Сталинград — Москва без учета электроемк. производств .	1400	4400
б) то же с учетом электроемк. производств	1410	4420
в) для Уральск. компл. . . .	250	640

Полученный таким образом график был затем наращен максимальной мощностью, которую можно получить от чисто конденсационных станций в системе, которые считаются уже построенными к рассматриваемому моменту времени и которые, таким образом, являются обязательными к использованию. В рассматриваемых районах Волги по данным Энергетического института Академии Наук, таких конденсационных станций будет находиться:

	мгвт
а) в 6 комплексах Сталинград — Москва	1275
б) в Уральском комплексе .	325

9) Следующей операцией является составление годового графика максимально-возможной мощности гидростанций в рассматриваемой системе, отвечающей моментам максимумов нагрузок. Нами были использованы для этого результаты водохозяйственных расчетов по отдельным станциям по среднему гидрологическому году. В дальнейшем баланс должен быть проверен и для маловодного года, но в настоящей стадии работ мы этого не делали, исходя из того соображения, что сокращение выработки энергии гидростанциями в маловодный год в общем балансе составит значительно меньший процент, чем принятые 10% аварийного резерва. Такой подход повышает экономическое значение межрайонной электрической сети.

В результате подсчетов получены следующие цифры:

	Зимн. макс. гидрост. (мгвт)	Летн. макс. гидрост. (мгвт)	Годовая выработка гидрост. (квтч)
а) для 6 комплексов Сталинград — Москва по модели I .	1575	1670	$7\,260 \times 10^6$
б) то же по модели II .	2275	2547	$12\,810 \times 10^6$
в) то же по модели IVA	3200	3502	$16\,480 \times 10^6$
г) то же по модели IVB	2815	3087	$15\,310 \times 10^6$
д) для Уральск. компл.	900	900	$4\,050 \times 10^6$
Всего по I мод.	—	—	$11\,310 \times 10^6$
» » II »	—	—	$16\,860 \times 10^6$
» » IVA »	—	—	$20\,530 \times 10^6$
» » IVB »	—	—	$19\,360 \times 10^6$

Примечание. В модели I участвуют гидростанции: Доно-Волжские, Балахнинская, Ярославская, Иваньковская, Калужская, Шуровская, Шекснинские, Демянские и Верхне-Мстинские.

В модели II — те же станции, но вместо Доно-Волжских станций, Самарская гидростанция с 11 аггрегатами по 105 мгвт.

В модели IVA — то же, что в модели I + Самарская ст. с 16 аггрегатами.

В модели IVB — то же, что модель IVA, но на Самарской станции 11 аггрегатов.

Модель I и II сконструированы без учета электроемких производств в Заволжьи.

Модель IVA и IVB — с учетом электроемких производств.

В Уральском комплексе предположены следующие гидростанции: Пермская, Вашкурская, Чусовые городки, Бахари, Писаная, Пентюгская и Колвинская.

11) Полученная таким образом кривая годового графика максимально-возможных мощностей отдачи лежит более или менее значительно выше (по разным моделям) годового графика потребных максимумов. В разницу (площадь) между этими графиками должен быть вписан плановый ремонт всех аггрегатов в системе, а остающийся после этого излишек площадь определяет величину необходимого сокращения мощности конденсационных «хвостов» в целях избежания «дублирования».

Уничтожая машины КО («хвосты»), мы должны их отдачу отопительного пара (1.2 ата) перенести на машины ПО, т. е. увеличить установленную мощность машин ПО; это увеличение, однако, в два раза меньше, чем соответствующее уменьшение машин КО (пропорционально удельному расходу пара на 1 квтч.).

Уничтожая некоторую мощность машин КО в момент зимнего максимума, в отопительный период, мы тем самым сокращаем для летнего времени значительно сильнее возможный максимум отдачи, когда машина КО работает на конденсацию. По подсчетам для различных районов Волги мы получили в среднем, что зимняя ордината сокращения КО (во время максимума нагрузки) относится к летней как 3×10 (для промежуточных месяцев отношение взято по интерполяции). Учитывая это обстоятельство и имея в своем распоряжении возможность маневрирования площадью планового ремонта, было достигнуто определение такой величины сокращения машин КО, при котором во все времена года не оказывалось излишка мощности во время максимума нагрузки, т. е. не было «дублирования».

В результате описанной операции получены следующие цифры:

	Сокращ. КО мгвт	Увелич. ПО мгвт	Устан. мощность ПО мгвт	Устан. мощность КО мгвт	Устан. мощность К	Годов. выработка на конден. ст. и конд. «хвостах» мгвт $\times$ $\times 10^6$
а) в 6 компл. Сталинград — Москва по модели I	1560	780	2793	3402	1275	19.089
б) то же по модели II	2000	1000	3013	2962	1275	13.539
в) то же по модели IV A . .	2848	1424	3496	2140	1275	13.183
г) то же по модели IV B . . .	2173	1086	3158	2815	1275	14.373
д) в Уральском компл.	0	0	445	768	325 + новых 150	5.236

Обращает на себя внимание Уральский комплекс, в котором не потребовалось не только сокращения теплофикационных машин, но пришлось еще добавить относительно небольшую, чисто конденсационную мощность в размере 150 мгвт.

12) Полученная в результате составления энергобаланса величина сокращения машин КО была затем разбита между отдельными комплексами путем рассмотрения их частичных балансов тем же методом, что и для суммарного баланса всех 6 комплексов. Затем по суточным графикам нагрузки каждого комплекса было определено количество энергии за день от того или иного вида генерирующего источника с тем, чтобы это количество не противоречило заданной величине (по гидростанциям и теплофикационному графику). Таким образом

был подтвержден баланс энергии, заданный при самой постановке задачи.

Рассмотрение балансов по отдельным комплексам дало попутно возможность определить размер перебрасываемого количества энергии и мощности из района в район по межрайонной линии передачи.

13) Проделанная работа для условий схемы реконструкции Волги, конечно, не является исчерпывающей, и составление энергетического баланса не претендует на оптимальное решение задачи энергоснабжения районов Волги. Цель работы заключалась в предварительной иллюстрации технической и экономической возможности использования волжской гидроэнергии и ее возможной количественной увязки с энергией, получаемой с тепловых станций.

Председатель. Следующий доклад В. В. Болотова на тему «Совместная работа ТЭЦ и ГЭЦ Волжского района».

В. В. БОЛОТОВ

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ТЭЦ И ГЭЦ ВОЛЖСКОГО РАЙОНА

В предыдущих докладах совершенно отчетливо выявилось, что совместная работа теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) и гидроэлектростанций (ГЭС) будет происходить в ближайшие годы в очень широких размерах. В то же время такая работа грозит целым рядом трудностей. Основная причина их в том, что и гидростанции и ТЭЦ являются электростанциями с ограниченной свободой регулирования их режима. В отношении гидроэлектростанций ограничения создаются режимом водотока, а в отношении ТЭЦ тем, что мощность тепловой станции по теплофикационному режиму, получаемая за счет тепловой нагрузки теплоэлектроцентрали, являющаяся величиной переменной, зависящей от этой нагрузки, определяет собой желательный нижний предел электрической нагрузки, иначе говоря, — вынужденную часть графика нагрузки ТЭЦ.

Значительные трудности в определении условий такой совместной работы вытекают из того, что сама тепловая нагрузка в настоящее время далеко не исследована. Электрическая нагрузка изучена более или менее широко, и мы можем заранее определить ее характер; правда, он будет не одинаков для разных районов и для разных времен года, но все-таки для каждого времени года и для конкретных потребителей мы можем его заранее предусмотреть довольно точно. Совершенно иначе обстоит дело в отношении нагрузки тепловой, потому что здесь условия потребления энергии нам недостаточно известны. С одной стороны, учет и изучение этой нагрузки в широком масштабе до последнего времени не велись; с другой стороны, мы не знаем, как будет сказываться на характере тепловой нагрузки факт совместного потребления энергии большим числом разнородных потребителей. В части электрической нагрузки действие этого фактора известно, в части тепловой нагрузки оно требует изучения.

Исследования показывают, что для тепловой нагрузки возможно применить регулирование нагрузки подобно тому, как это применяется в настоящее время в отношении электрической нагрузки, и притом с относительно очень высокой эффективностью, так как некоторые соображения позволяют предполагать, что в отношении тепловой энергии может быть допущено в известных условиях более значительное принудительное изменение нагрузок. Однако вопрос этот далеко еще не изучен, и ряд других соображений заставляет опасаться, что возможности применения регулирования теплового потребления будут очень ограничены. Поэтому в плане построения перспективных наметок правильнее не учитывать регулирования графика тепловой нагрузки.

Наконец, приходится отметить еще один факт, который создает резкую разницу между электрической и тепловой нагрузкой.

Главная составляющая электрической нагрузки — технологическое потребление энергии — определяется технологическим процессом, в большинстве случаев вполне установившимся, и электрический график нагрузки, при большом числе потребителей, является графиком установившимся. Он меняется при переходе от одной группы абонентов к другой и на протяжении года, но для каждых данных условий и на протяжении небольшого промежутка времени электрические показатели являются установившимися. Изменения графика нагрузки день ото дня происходят, главным образом, за счет осветительной нагрузки, зависят от колебаний освещенности, но и они ограничены небольшой амплитудой и, обычно, определенными часами суток. В связи с этим основной показатель суточного графика нагрузки — размер суточной выработки энергии — является очень устойчивым.

Иное мы имеем в отношении графика тепловой нагрузки. Здесь потребление в очень большой его части зависит от температуры наружного воздуха. Колебания температуры наружного воздуха имеют характер, резко отличающийся от колебаний освещенности; в последнем случае мы имеем жесткую закономерность, лишь незначительно изменяющуюся день ото дня, колебания же температуры воздуха носят совершенно другой характер.

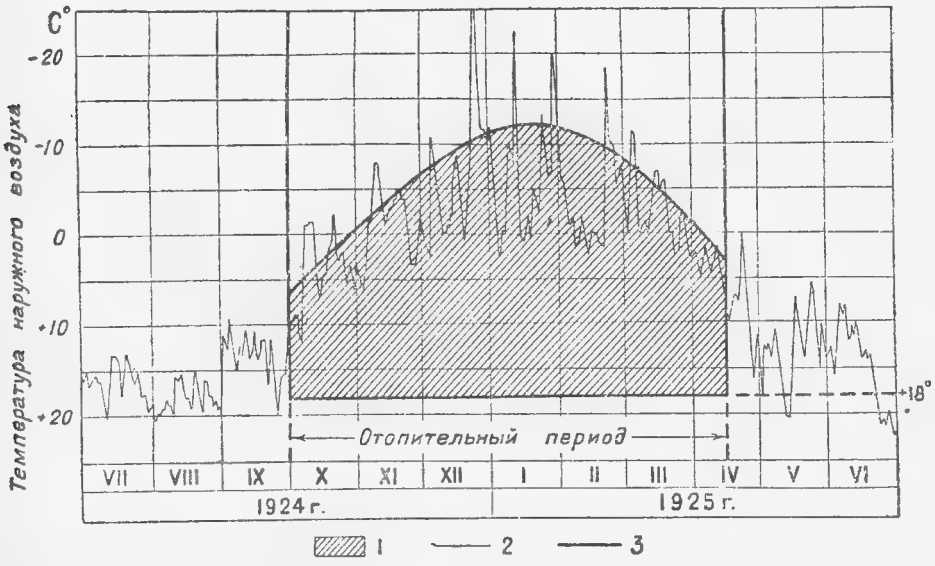
На графике фиг. 1 показано распределение на протяжении года средней многолетней температуры наружного воздуха в районе Ср. Волги, причем за ось абсцисс для зимнего отопительного периода принята температура 18°, отвечающая внутренней температуре помещений. Отклонения от этих средних температур в отдельные годы могут быть очень велики даже по средней месячной температуре. Для октября, например, разность средних месячных температур помещения и наружного воздуха для холодного года может быть вдвое больше, чем для теплого, а следовательно, и потребление тепловой энергии за этот месяц для целей отопления может быть для одного года вдвое больше, чем для другого.

Хуже обстоит дело, если мы перейдем к фактической средне-суточной температуре. Зигзагообразная тонкая линия на том же рисунке показывает характер колебаний средне-суточной температуры

того же района в зиму 1922—1923 г. График показывает, что ни о какой закономерности колебаний говорить нельзя. Мы имеем колебания температуры с амплитудой, превышающей половину максимальной разности температур внутри и снаружи помещений.

Таким образом, на протяжении даже короткого времени нельзя говорить о каком бы то ни было постоянстве потребления тепловой энергии, и можно ожидать резкого его колебания, а следовательно, и резких колебаний суммарной мощности ТЭЦ, поскольку последняя определяется потреблением тепловой энергии.

Характер колебаний мощности теплофикационных станций определяется, однако, не только колебанием потребления тепловой энергии,



Фиг. 1. Годовой ход температур наружного воздуха в г. Ярославле.

1 — потребность в тепловой энергии на отопление.
2 — Среднесуточные температуры за 1924 — 1925 гг.

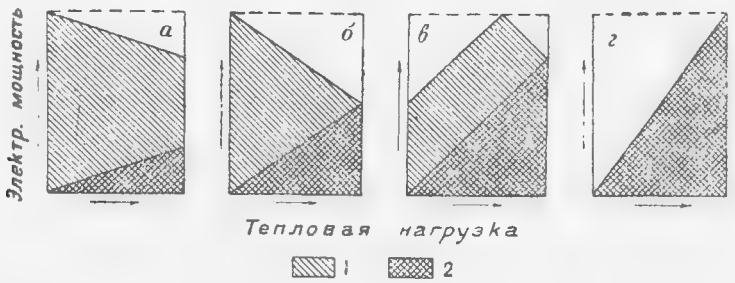
но и типом теплофикационных турбин, именно зависимостью мощности турбины от величины тепловой нагрузки. Попытки, которые в последнее время имеют место, создания теплофикационных турбин постоянной мощности не могут увенчаться успехом, так как механическая мощность теплофикационной турбины по своему существу всегда является переменной, зависящей от тепловой нагрузки.

Это обстоятельство наглядно показано на фиг. 2, на которой показан вид характеристик мощности различных типов теплофикационных турбин в упрощенном виде, в предположении, что турбины на всем диапазоне своей мощности работают с постоянным коэффициентом полезного действия. Такое упрощение вполне допустимо, так как те отклонения, которые в действительности имеют место, с практической точки зрения оценки мощности турбины, значения не имеют.

В левой части рисунка показан тип характеристики конденсационной турбины с ограниченным отбором пара, мощность которой падает по мере увеличения тепловой нагрузки. Следующая характери-

стика соответствует случаю конденсационной турбины с неограниченным отъемом, когда максимальная мощность также имеет место при отсутствии тепловой нагрузки, а минимальная при полном отборе пара, теоретически при нулевом пропуске пара через цилиндр низкого давления.

Уменьшение пропускной способности цилиндра низкого давления приводит к третьему типу характеристики, в котором мощность турбины снижается и в левой части характеристики, по мере уменьшения отъема, причем максимум мощности приходится на некоторое промежуточное значение тепловой нагрузки. Наконец, в правой части фиг. 2 показан тип характеристик противодавленческой турбины, получающийся из предыдущего при пропускной способности цилиндра низкого давления, равной нулю.



Фиг. 2. Типы характеристик мощности теплофикационных турбин.

1 — конденсационный режим.
2 — теплофикационный режим.

В Энергетическом институте произведен был проф. Петелиным подсчет таких упрощенных характеристик теплофикационных турбин для ряда вариантов, отличающихся между собой, с одной стороны, начальными параметрами пара, с другой стороны, давлением пара в отъеме.

Для начальных параметров пара приняты были варианты:

давление 29 атм. перегрев 400° С
» 55 » » 440 »
» 105 » » 400 » (с промежуточным перегревом на перепаде 10—9 атм.).

Для отбора:

давление 9 атм. для технологического потребления тепла (в виде пара);
» 1.5 » » отопительного » (горячая вода).

Сопоставление полученных характеристик показало отсутствие принципиальных различий для вариантов с разными параметрами пара.

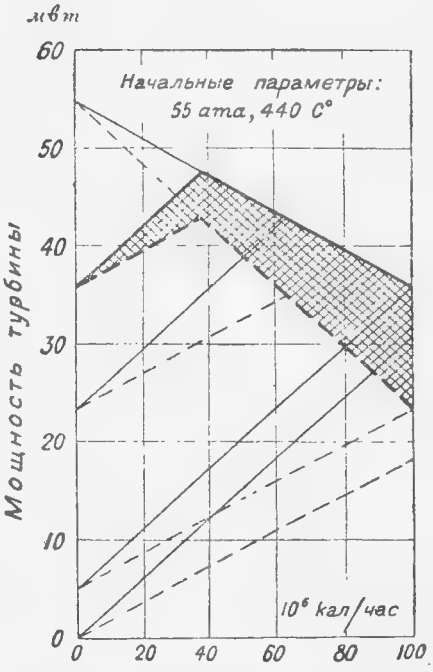
На фиг. 3 изображены характеристики одного из вариантов — при начальном давлении 55 ата., причем сплошные линии дают характеристику турбины для отбора 1.5 ата., а пунктиры — для отбора 9 ата.

Для каждого варианта даны, в свою очередь, два случая: пер-

вый — когда мощность цилиндра низкого давления не ограничена, и второй — когда размеры его взяты такими, чтобы мощность при нулевом отборе была равна мощности турбины при максимальном отборе.

Разрешите остановиться на отдельных частях этой диаграммы.

Левый участок характеристик отвечает тому периоду, когда цилиндр низкого давления загружен максимально и увеличение мощности турбины происходит за счет увеличения пропуска пара через цилиндр высокого давления; в правой части цилиндр высокого давления загружен все время полностью, увеличение тепловой нагрузки происходит за счет уменьшения пропуска пара через цилиндр низкого давления и связано с уменьшением мощности турбины.



Фиг. 3. Характеристика мощности теплофикационной турбины с двумя отборами.

Начальные параметры 55 ата, 440 С°. Параметры отъема 1.5 ата и 9 ата.

Таким образом, при средних тепловых нагрузках мощность турбины всегда выше, примерно на 30—40 %, мощности ее при крайних режимах. Эта дополнительная мощность может быть в известной части использована без каких бы то ни было дополнительных затрат только за счет изменения режима работы аггрегата в электрической части — повышением коэффициента мощности, а в остальной части требует сравнительно ничтожных затрат на повышение мощности генератора.

Нижняя линия дает величину мощности турбины за счет теплофикационного отбора, а выше расположенная площадка, в промежутке между двумя параллельными линиями, учитывает ту часть мощности, которая получается за счет обязательного пропуска пара через цилиндр низкого давления во избежание сухого хода ротора турбины. Из этой диаграммы мы видим, что не только мощность, которая получается за счет теплофикационного отбора, но и часть мощности, которая получается по конденсационному режиму, также является вынужденной.

Диаграмма фиг. 3 в целом может быть рассматриваема как суммарная диаграмма теплофикационной турбины с двумя отборами. Заштрихованная площадка определяет при этом геометрическое место максимальных мощностей турбины, которые будут иметь место при разной величине суммарного отбора пара и при всех возможных вариантах распределения пара между двумя отборами.

В зависимости от того, куда будет употребляться пар—на технологические процессы или на отопительное потребление — мощность турбин резко меняется. Турбины с двумя отборами являются турби-

нами еще более переменной мощности по сравнению с турбинами с одним отбором пара.

Характеристика мощности теплоэлектроцентрали в целом будет зависеть от характеристик теплофикационных турбин, а при наличии турбин нескольких типов — от характеристик всех типов турбин и от числа и мощности турбин каждого типа.

В работе Института был произведен анализ возможных комбинаций типов теплофикационных турбин. При этом анализе было выяснено, что условию отсутствия явного дублирования мощности на данной теплоэлектроцентрали отвечают только три комбинации: во-первых, применение одних конденсационных турбин с двумя отборами, во-вторых, комбинация турбин с двумя отборами и противодавленческих турбин, работающих на технологическую тепловую нагрузку и, в-третьих, комбинация конденсационных турбин с отопительным отбором и противодавленческих турбин с технологическим отбором.

Для того, чтобы выявить характеристики теплоцентралей, для этих трех случаев были приняты некоторые конкретные условия, довольно вероятные, а именно: 1) на станции установлены три аггрегата, на общую тепловую нагрузку 300 млн. кал. в час, 2) технологическое потребление колеблется в пределах от 100 до 200 млн. кал. в час, и 3) отопительное потребление может колебаться в пределах от нуля до максимума.

В этих условиях, на характеристиках ТЭЦ, изображенных на фиг. 4, рабочей зоной является зона от 100 до 300 млн. кал. в час, станция практически работать не будет.

Характеристика мощности ТЭЦ построена на фиг. 4 для указанных уже трех вариантов комбинаций типов теплофикационных турбин, на основе характеристик соответствующих типов турбин, причем число турбин каждого типа определялось принятыми пределами колебаний потребления тепла. В варианте первом взяты три конденсационных турбины с двумя отборами, в варианте втором одна из конденсационных турбин заменена турбиной с противодавлением 9 ата, и в варианте третьем взята лишь одна конденсационная турбина с отъемом 1.5 ата и две турбины с противодавлением 1.5 ата и отбором 9 ата.

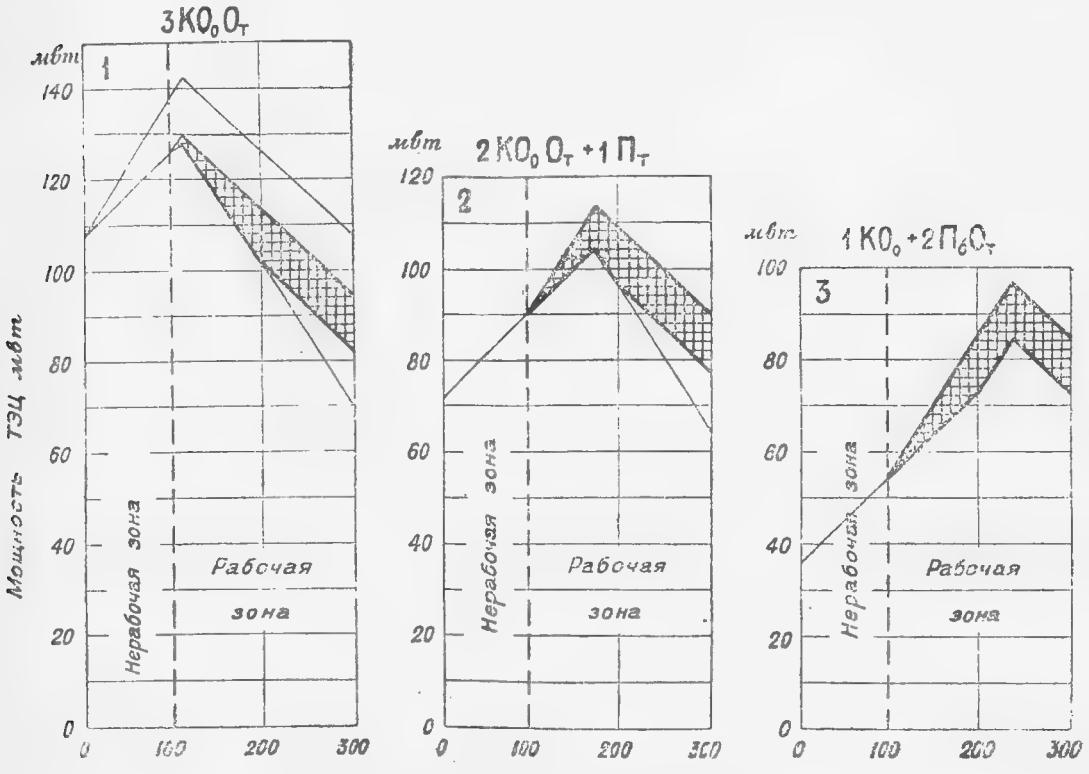
Попрежнему заштрихованная площадка дает геометрическое место точек, определяющих величину мощности ТЭЦ в зависимости от величины тепловой нагрузки и от распределения ее между отборами.

Характеристики мощности ТЭЦ в этих трех вариантах в пределах рабочей зоны резко различны. В первом—мощность резко снижается с повышением тепловой нагрузки, так что при мощности турбин, при конденсационном режиме в 108 мгвт, фактическая мощность при максимуме тепловой нагрузки не превышает 96 мгвт, а при минимуме повышается до 130 мгвт.

Во втором варианте мощность ТЭЦ при благоприятном распределении тепловой нагрузки между отборами не падает уже ниже суммарной мощности турбин — 90 мгвт и поднимается при средних тепловых нагрузках до 113 мгвт.

Наконец, в третьем варианте мощность практически постоянна при высоких тепловых нагрузках и равна 86 мгвт и, наоборот, значительно снижается, при их уменьшении, до 54 мгвт при принятом минимуме тепловой нагрузки.

Ясным следствием проведенного анализа является то, что выбор турбин теплоэлектроцентрали имеет колоссальнейшее значение для характеристики ее мощности, т. е. мы, вообще говоря, не можем говорить о характеристике мощности ТЭЦ, если не знаем, какие типы турбин будут на ней поставлены.



Фиг. 4. Характеристика мощности теплоэлектроцентрали при разных комбинациях типов теплофикационных турбин.

Обратно, при выборе стандартов теплофикационных турбин нельзя базироваться только на условиях конструкции этих турбин, но необходимо проанализировать реальные условия, в которых будут работать вновь проектируемые и строящиеся ТЭЦ.

Условия совместной работы ТЭЦ и гидростанций мы должны рассматривать в двух плоскостях: с одной стороны, с точки зрения совместной работы станций в течение суток и, с другой стороны, с точки зрения совместной работы их в течение года.

Условия совместной работы в течение суток определяются в основном, как уже отмечалось, суточными графиками электрической и тепловой нагрузки.

На фиг. 5 дан типичный график электрической нагрузки зимнего дня развитого промышленного района при большом коэффи-

циенте сменности промышленности, когда нагрузка 2-й смены почти равна нагрузке 1-й смены, и нагрузка ночной смены составляет 50% от дневной. На графике выделена технологическая составляющая нагрузки, и дано построение для случая иного распределения потребления энергии на технологические цели между сменами: с большим его снижением в вечернюю и ночную смены. Уменьшение коэффициента сменности промышленности соответствующим образом изменяет и характер суммарного графика нагрузки. Но во всех случаях изменения графика остается снижение нагрузки в течение ночных часов и повышенная нагрузка в остальное время дня. Максимум нагрузки с утренних часов может перейти на вечерние. Острота пика нагрузки может быть различной, но неизменным остается пониженная ночная нагрузка и наличие пиков нагрузки в утренние и вечерние часы.

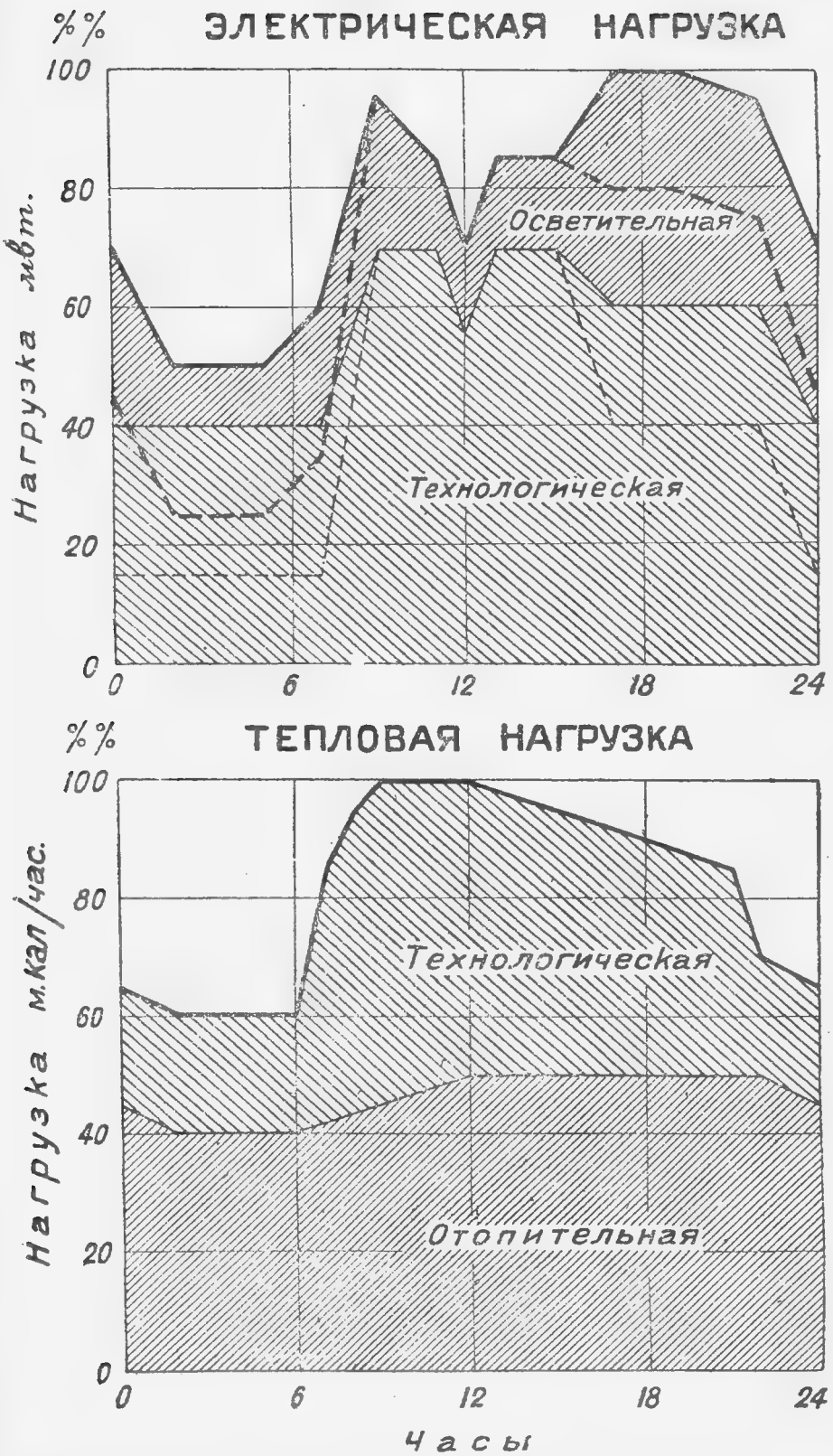
Если мы перейдем к графику тепловой нагрузки, данному в нижней части той же фиг. 5, то имеющиеся данные заставляют предполагать, что очертание его будет в общем близким к очертанию графика электрической нагрузки, так как нагрузка также даст провал в течение ночных часов как за счет технологической составляющей тепловой нагрузки, так, отчасти, и за счет отопительной, а в течение остального времени суток нагрузка будет, повидимому, более или менее постоянной и не будет снижаться заметно ниже максимальной суточной. При более детальном сопоставлении суточных графиков тепловой и электрической нагрузки мы, однако, обнаруживаем, что эти фазы повышенной и пониженной нагрузки на них несколько смещены, Тепловая нагрузка дает подъем и спад раньше, чем наступает подъем и спад нагрузки электрической.

Что касается работы в годовом разрезе, то здесь надо отметить следующее. В условиях совместной работы этих станций серьезным моментом является резервирование мощности, создание в системе эксплоатационного резерва, который мог бы вступить в работу если на какой-нибудь станции какая-то мощность по тем или другим причинам выбывает из строя. К этому эксплоатационному резерву необходимо предъявить конкретные требования достаточной маневренности. Такие же требования должны быть предъявлены к тем генерирующим мощностям, которые предназначаются для покрытия пиков электрической нагрузки.

Эти требования маневренности лучше всего могут быть удовлетворены на гидроэлектростанциях, как показал хотя бы опыт Волховской станции, но только в период отсутствия на них избытка воды и работы с суточным регулированием.

С другой стороны, согласно некоторым теоретическим соображениям, условия хорошей маневренности, несколько даже лучшие чем на конденсационных станциях, могут быть получены за счет свободной конденсационной мощности теплофикационных турбин, но лишь в периоды пониженной тепловой нагрузки.

Вот в этом отношении можно считать, что ТЭЦ и ГЭС некоторым образом дополняют друг друга. Изменение их эксплоатационных



Фиг. 5. Суточные графики электрической и тепловой нагрузки.

свойств обладает известной сезонностью, причем в отдельные периоды года свойства их направлены как бы в обратные стороны.

Говоря о годовом графике мощности теплофикационной станции, мы должны считаться с колебаниями теплового потребления в течение года. Принимая потребление на технические цели в часы максимума электрической нагрузки в течение года постоянным, на что дает известное право сопоставление суточных графиков на фиг. 5, мы можем считать, что теплофикационная мощность ТЭЦ за счет технологической тепловой нагрузки будет составлять постоянную величину, а в течение отопительного сезона будет получаться дополнительная теплофикационная мощность за счет отопительного потребления.

Если принять изменение температуры по фиг. 1 и характеристику мощности ТЭЦ по второму варианту фиг. 4, а величину технологического потребления равной полной нагрузке одной противодавленческой турбины, то график изменения мощности ТЭЦ в течение года может быть представлен фиг. 6, на нем показаны минимальная — теплофикационная и максимальная — полная мощности ТЭЦ.

При построении верхнего графика фиг. 6 расчетная температура взята — 25°, т. е. максимальный отъем пара на отопление отвечает потребности, которая имеется в данной отопляющей системе при температуре наружного воздуха в — 25°. Сплошные линии дают мощности, соответствующие средней многолетней температуре. Пунктирные линии отвечают потреблению тепла при крайних предельных, максимальной и минимальной средней месячной температуре.

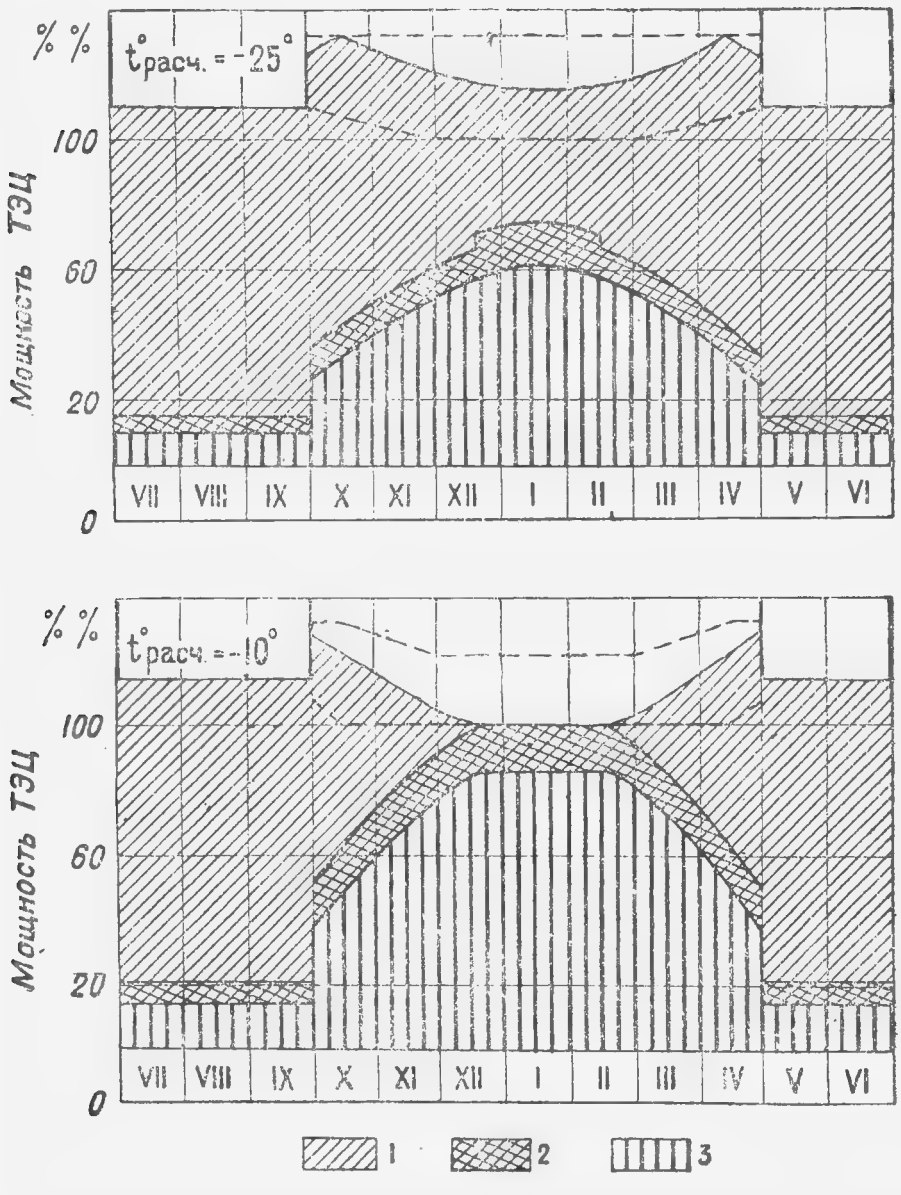
Я уже указывал, что колебание потребления тепла на отопление за более короткие сроки, чем месячные, может быть еще сильнее, и поэтому колебания мощности ТЭЦ в пределах отопительного сезона на самом деле будут значительно бо́льшими как по теплофикационной составляющей, так и полной мощности турбин.

Нужно указать еще на одно обстоятельство, играющее существенную роль при определении свойств теплоэлектроцентрали с точки зрения ее мощности.

Я имею в виду выбор расчетной температуры или, вернее, соотношения между тепловой мощностью турбины, т. е. максимальным отъемом пара на отопление, и максимумом отопительного потребления тепла. Это соотношение некоторые проектные организации берут меньшим единицы, ведя расчет, например, на температуру — 10° и предполагая, что дополнительное тепло, при температуре воздуха ниже — 10°, будет получено за счет какой-то специальной чисто тепловой мощности . Уменьшение выработки электроэнергии теплофикационными турбинами по теплофикационному режиму оказывается при этом очень незначительным и недоиспользование теплофикационных ресурсов ничтожным. Годовой график изменения располагаемой мощности ТЭЦ при расчетной температуре — 10°, построенной в нижней части фиг. 6, показывает, что использование теплофикационной мощности в этом случае значительно повышается.

Располагаемая мощность ТЭЦ на определенный период отопительного сезона должна, очевидно, исчисляться по минимальному зна-

чению полной мощности, которое в некоторых случаях отвечает наиболее низкой возможной в это время года температуре, в некоторых случаях наиболее высокой.



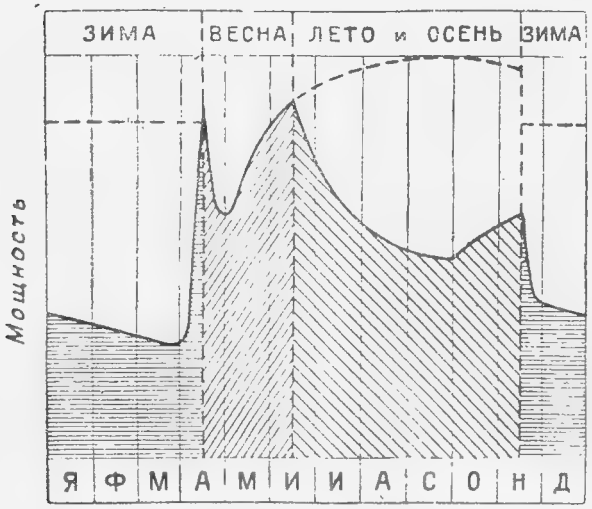
Фиг. 6. Годовой график располагаемой мощности ТЭЦ с турбинами КО для разных расчетных температур наружного воздуха (t° расч). Начальные параметры 55 ата 440 С°. Отбор при 1.5 ата.

- - - - - Пределы колебаний суммарной мощности при колебании температуры наружного воздуха.
1 — Конденсационные мощности по свободному режиму.
2 — То же по вынужденному.
3 — Теплофикационные мощности.

Имея это в виду при анализе годового графика мощности ТЭЦ при расчетной температуре —25°, мы можем заключить, что повышение располагаемой мощности ТЭЦ в отопительный период выше той,

которая отвечает максимальному отъему пара, очень невелико и кратковременно.

Еще в большей степени это верно для годового графика мощности ТЭЦ, при расчетной температуре — 10°. В последнем случае мощность ТЭЦ практически в течение всего года является величиной постоянной, при этом в течение отопительного сезона почти исключительно теплофикационной, в течение остального времени года преимущественно конденсационной. Соответственно этому и эксплоатационные свойства ТЭЦ будут резко различаться в эти сезоны.



Фиг. 7. Годовой график мощности гидростанции.

——— длительная мощность водотока.
- - - - кратковременная мощность за счет суточного регулирования.

Переходя к годовому графику мощности гидростанции, нужно прежде всего указать, что характер графика расхода воды, определяющего эксплоатационные свойства гидростанции, является крайне непостоянным и неустойчивым.

Характер графика расхода воды даже одного и того же водотока может быть различен на разных его участках, он резко меняется в зависимости от водности года, на него оказывает большое влияние при наличии сезонного регулирования график регулирования. Наконец, значительное влияние на характер годового графика мощности станции оказывает размер установленной мощности.

Говоря о годовом графике мощности волжских гидроэлектрических станций в обобщенном его виде, данном на фиг. 7, мы можем поэтому говорить только об определенных зонах, в которых характер этой мощности меняется. Эти зоны будут следующими. Прежде всего, весенний сезон, когда при избытке воды станция должна работать на постоянной мощности с непрерывным пропуском максимального расхода воды через турбины, когда мощность станции может снижаться только из-за снижения напора, образуя так называемый весенний «провал» мощности гидростанций, особенно ярко выраженный на Ярославской станции.

Следующую зону дают лето и осень, когда средняя мощность станций понижается, но когда за счет суточного регулирования можем в некоторых случаях получить мощность даже бо́льшую, чем в весенний период, и когда полностью выявляются высокие маневренные качества гидростанции.

Однако в этот период, в условиях волжских гидростанций, очень неблагоприятные ограничения создает необходимость считаться с интересами водного транспорта. В некоторых случаях она может заста-

вить отказаться от применения суточного регулирования и привести к практическому ухудшению эксплоатационных свойств гидростанций и к снижению их располагаемой мощности.

Наоборот, при переходе к третьей зоне, к зимнему времени, мы имеем понижение средней располагаемой мощности станции за счет явлений зимнего режима, но возможность суточного регулирования почти не ограничена, поскольку интересы транспорта не нужно предусматривать.

Если мы сопоставим годовой график мощности гидростанции с графиком мощности ТЭЦ, то мы увидим известное совпадение изменения характера мощности этих станций. Зимний период гидростанций всегда совпадает с отопительным пориодом, когда ТЭЦ должны работать по вынужденному основному графику. Интересы этих двух станций друг к другу в этом случае нисколько не противоречат, а, наоборот, они как бы дополняют одна другую: ТЭЦ работает в основании графика, а гидростанция работает по пиковому графику, с суточным регулированием, одновременно выполняя роль резерва мощности.

Летний период, когда на теплофикационных станциях имеются значительные конденсационные мощности и когда эти станции могут играть роль и пиковых мощностей и резерва, на значительном протяжении времени совпадает с весенней и летней зоной графика мощности гидростанций, когда они или должны работать с постоянной мощностью, или возможности регулирования их режима ограничены. Несовпадение наступления прекращения отопления с наступлением паводка на гидростанции в значительной мере может быть компенсировано регулированием отопительного потребления тепла.

Несколько слов о провале мощности гидростанции. Те опасения, которые имели место при первой проектировке Ярославской станции и которые предсказывали полную остановку станции на полтора месяца в году, были несколько преувеличены. Дальнейшее развитие проектирования показывает, что широкое сезонное зарегулирование стока Волжской системы, выравнивающее график расхода воды на гидростанциях, настолько улучшает условия работы во время весеннего паводка, что снижение мощности той же Ярославской станции получается значительно меньшее и по мощности и по продолжительности. На всех других установках Волги это снижение может быть значительно меньше.

Размер этого провала мощности по отношению к мощности всей энергетической системы будет настолько не велик, что компенсирование провала может быть без труда достигнуто прекращением вывода оборудования на ремонт, сокращением работы электроемких производств. Наконец, при современной работе с ТЭЦ может быть найден исход и в направлении повышения мощности теплоцентрали в весеннее время соответствующим подбором типов теплофикационных турбин.

Если мы перейдем от варианта второго к первому варианту характеристик ТЭЦ по фиг. 4, т. е. откажемся от противодавленческих турбин и перейдем только на турбины с двумя отборами, то можем

получить дополнительную мощность при небольших дополнительных капитальных затратах. Это неизбежно увеличит конденсационную выработку ТЭЦ за счет холостого пропуска пара через цилиндры низкого давления, но в некоторых случаях это может дать очень дешевую дополнительную мощность.

Таким образом, комбинация турбин с двумя отборами и турбин противодавленческих как будто бы является более гибкой, чем комбинация, предложенная проф. С. А. Кукель-Краевским. Последняя комбинация имеет свое оправдание с точки зрения снижения конденсационной мощности ТЭЦ, но она дает и явное снижение мощности при понижении тепловой нагрузки. В тех случаях, когда нам необходимо в течение летнего периода получать конденсационную мощность— эта комбинация будет менее удачной. А комбинация турбин с двумя отборами и противодавленческих, давая много промежуточных вариантов между двумя основными, может дать любую характеристику мощности.

Председатель. В виду позднего времени, разрешите дискуссию отложить до заседания 30 ноября.

(*Заседание закрывается*)

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

ЗАСЕДАНИЕ 29 НОЯБРЯ 1933 ГОДА

Председательствует проф. М. А. Шателен

Председатель. Слово предоставляется Н. Н. Крачковскому для доклада на тему «Сеть волжских станций».

Н. Н. КРАЧКОВСКИЙ

СЕТЬ ВОЛЖСКИХ СТАНЦИЙ

Общий доклад по вопросу о высоковольтных сетях сделал в Общем Собрании акад. А. А. Чернышев.

В настоящем докладе рассматриваются вопросы схемы и конфигурации электрических сетей в районе Верхней и Средней Волги (до г. Горького включительно), в районе гидростанций на р. Каме, а также в районе так называемых валдайских гидростанций, располагаемых по обеим сторонам водораздела между Балтийским и Каспийским морями. При составлении схемы сети и ее конфигурации были использованы материалы плановых и отчасти проектных организаций. Имевшиеся к моменту составления доклада данные, с одной стороны, о размерах потребления энергии и в отношении территориального размещения важнейших энергетических узлов, а, с другой стороны, в отношении расположения и мощности как гидростанций, так и тепловых станций районного и местного значения — являются ориентировочными, особенно за пределами второй пятилетки. В соответствии с этим и представленная на чертежах конфигурация электрических сетей является приближенной и в некоторой своей части подлежит в дальнейшем существенному изменению.

Это тем более естественно, что некоторые гидростанции являются условными и, возможно, совершенно не будут осуществлены, вследствие чего отпадут и соответствующие линии передач. Предположения о весьма сильном развитии теплофикационных установок, возможно, не оправдаются в полной мере, и это может потребовать сооружения либо гидростанций, либо конденсационных станций, работающих на местном топливе, что, конечно, окажет влияние на конфигурацию сети.

Упомянутые в начале доклада гидростанции в энергетическом отношении охватывают собою следующие области: южную часть Ленинградской области со включением и самого Ленинграда, северную часть и отчасти центр Московской области, целиком Ивановскую область, югозападную часть Горьковского края и Северозападный Урал.

С точки зрения потребления электрической энергии все вышеуказанные районы характеризуются следующими данными.

Размер потребления электрической энергии и величина установленной мощности электрических станций за минувший 1932 г. приведены в табл. 1.

Таблица 1

Данные о выработке энергии и мощности станций за 1932 г.

Наименование области	Установленная мощность станций в мгвт	Выработка энергии в миллионах квтч.	Примечание
Московская	634	2550	По МОГЭС
Ленинградская	410	1523	
Горьковский край	225	1136	Учтены фабр.-заводские и коммунальные электростанции
Ивановская	254	725	
	1523	5934	

Для Московской области с учетом фабрично-заводских и коммунальных блокстанций приведенные величины повышаются и равны: установленная мощность 783 мгвт, а выработка энергии приблизительно 3 млрд. квтч.

На конец II пятилетки, т. е. на 1937 г., на каковой год возможно, повидимому, отнести окончание сооружения некоторых из гидростанций, данные о потребной установленной мощности станций приведены в табл. 2.

Таблица 2

Предположения о мощности и выработке энергии станций на 1937 г.

Наименование станций	Мощность станции в мгвт	Выработка энергии в миллионах квтч.	Примечание
Московская	1150	5000	Без мелких станций
Ивановская	550	2800	Включая блок станции
Горьковский узел	360	1900	
Севзап. Урал	340	1600	По всему Уралу 1850 мгвт и 753 млн. квтч.

Данные табл. 2 соответствуют одному из наиболее вероятных вариантов развития промышленности, разработанных плановыми организациями соответствующих областей; однако они не являются окончательными и пока еще не получили утверждения центральных органов.

Предположения о развитии электростроительства и росте потребления энергии за пределами второй пятилетки не имеют до настоящего времени сколько-нибудь законченного оформления, и предварительные наметки различных организаций довольно сильно отличаются друг от друга.

Ленинградское отделение Гидроэлектропроекта по материалам электрификации Генплана и на основании общих директив о тенденциях развития народного хозяйства произвело подсчеты возможных размеров потребления энергии на последний год III пятилетки (1942 г.).

Результаты подсчетов даны в табл. 3.

Таблица 3

Предположения о мощности и выработке энергии станций на 1942 г.

Наименование областей	Установленная мощность станций в мгвт	Выработка энергии в млн квтч.
Московская	3000	14500
Ленинградская	1500	7800
Горьковский узел	975	4000
Ивановская	649.5	3800
Всего	6124.5	30100

Московским отделением Энергетического института производились подсчеты возможного размера потребления гидроэнергии на 1942 г. и 1947 г., каковые данные были сообщены на конференции, состоявшейся в Гидроэлектропроекте (ЛО) в августе месяце 1933 г., посвященной проблеме реконструкции Большой Волги.[1]

Эти данные приведены в табл. 4.

Подсчет возможного потребления гидроэнергии сделан в том предположении, что основное количество всей потребной энергии вырабатывается ТЭЦ, причем на конденсационных «хвостах» вырабатывается столько же, как и по чисто тепловому графику. На гидро-

[1] Они вполне соответствуют данным, приведенным в докладе проф. Г. К. Ризенкампфа.

энергию приходится разность между всей потребляемой энергией и энергией, вырабатываемой ТЭЦ.

Кроме того, в Главэнерго в текущем году был разработан и подвергался известному обсуждению сводный баланс по электроэнергии на третью пятилетку по Московской области, Горьковскому краю и Ивановской области, составленный в том предположении, что прирост потребления электроэнергии за третью пятилетку по абсолютной величине такой же, как и для второй пятилетки (т. е. затухающего характера).

Таблица 4

Потребность в гидроэнергии на 1942 и 1947 гг.

Наименование областей или узлов	Возможное потребление гидроэнергии в млн. квтч.	
	1942	1947
Горьковский узел	300	500
Рыбинский узел	650	1500
Ивановский узел	1200	3000
Сев. часть Московской обл.	600	1400
Центр. часть Московской обл.	2000	8000
Итого	4750	14400

При этом чисто конденсационных станций, в виде тепловых не намечается. Ввод новых теплофикационных мощностей с момента возможного пуска гидростанций намечается только на уже существующих к этому времени ТЭЦ. Новые объекты ТЭЦ вводятся условно под названием «теплофикационных станций» или «гидростанций». Данные сводного баланса приведены в табл. 5.

Приведенные в этой таблице данные относятся только к районным станциям, т. е. без фабрично-заводских и коммунальных блок-станций.

Все вышеуказанные области являются в большей или меньшей степени дефицитными по топливу. Хотя в большинстве областей и имеются значительные запасы торфа (в Московской области также уголь), однако развитие добычи торфа в размерах, полностью удовлетворяющих потребности областей как в топливе производственном, так и энергетическом, встречает определенные затруднения. Некоторые из намечаемых во вторую пятилетку ТЭЦ предполагается снабжать донецким углем и отчасти нефтью (точнее нефтяными остатками). Вследствие этого постройка гидростанций является во многих случаях единственным выходом, позволяющим избежать назревающего кризиса в электроэнергии.

Таблица 5

Сводный баланс по электроэнергии на 1942 г.

Мегаватта	Московская область мгвт	Горьковский узел мгвт	Ивановская область (Ярославск. Рыбинский, Ивановский узлы) мгвт
Максимум нагрузки	1500	550	350
Резерв	150	55	40
Суммарная мощность	1650	605	390
Покрытие	1400	435	305
Дефицит	250	170	85
Новые ТЭЦ или гидростанции	250	200	100

Сделанные выше предположения о преимущественной выработке энергии на ТЭЦ являются, повидимому, оптимальными; при более медленном развитии ТЭЦ доля гидроэнергии соответственным образом должна повыситься.

Все гидростанции в районах рассматриваемых областей могут быть разбиты на следующие 3 группы (табл. 6).

Таблица 6

А. Гидростанции на Верхней и Средней Волге

Наименование гидростанций	Установленная мощность в мгвт	Выработка энергии в миллионах квтч.	Примечание
1. Калининская	21.5	150	Без отбора воды на демянские установки
2. Иваньковская	23.0	85	
3. Угличская	77.0	335	
4. Шекснинские	37.5	190	3 установки
5. Ярославская	100 (150)	370 (600)	
6. Василевская	200 (250)	900 (1100)	
Всего	459 (559)	2030 (2460)	

Цифры в скобках относятся к случаю наличия северного питания р. Волги. Величины мощностей гидростанций даны в табл. 6

как ориентировочные, и мощность некоторых из них может быть повидимому, увеличена с целью создания надлежащего пикового и аварийного резерва в системе. Так, например, Угличская станция мыслима в пределах 80—150 мгвт. Следует отметить, что из-за геологических условий возможно, взамен Угличской станции, появление двух гидростанций — Калязинской и Мышкинской; их энергетические характеристики менее благоприятны, чем Угличской.

Калининская и Шекснинская установки не являются первоочередными.

Таблица

Б. Валдайские гидростанции

Наименование установок	Мощность мгвт	Выработка энергии млн. квтч.	Примечание
Демянские:			
Полновская	10	65	
Хозюшинская	250	560	
Масылинская	40	200	
Палецкая	35	140	
Итого	335	965	
Мстинские:			
Верхне-Мстинские	117	547	3 установки
Нижне-Мстинские	94	410	2 »
Мало-Боровичская	20	100	1 »
Итого	231	1057	
Тихвинские:	82.5	451	
Оятские	125.0	473	
Вытегорские	107.0	543	3 установки
на реке Ловати Ханские	167.0	842	
на реке Ловати Великолуцкие	153.0	764	
Всего	1200.5	5095	

Из вышеуказанных гидростанций в достаточной мере разработанными являются демянские, верхне-мстинские и вытегорские станции.

По прочим же валдайским гидростанциям приведенные данные являются приблизительными. Эти установки не являются первоочередными.

Мощность Хозюпинской станции возможна в пределах 150—250 мгвт соответственно тому или иному ее значению как пикового и аварийного резерва межрайонного значения.

Таблица 8

В. Установки на р. Каме и ее притоках

	мгвт	млн. квтч.
Пермская	360	1700
Чусовская	100	
Колвинская	72	
Вишерская	50	

В табл. 8 вошла только часть камских гидростанций, и приведенные данные не полны.

Первоочередной является Пермская гидростанция.

Все вышеприведенные данные по гидростанциям сами по себе еще недостаточны для проектирования схемы сети и ее конфигурации. Необходимо также иметь данные о размещении и мощности ТЭЦ и конденсационных станций. В настоящий момент имеются некоторые плановые предположения на 1937 и 1942 гг., не получившие, впрочем, пока окончательного утверждения. Характеристики наиболее крупных тепловых станций приведены в табл. 9.

Приведенные в таблицах характеристики станций показаны также на чертежах, причем для гидростанций дана мощность и годовая выработка энергии, а для тепловых станций — мощность на 1937 и на 1942 гг.

Более подробное рассмотрение возможных максимумов нагрузок по отдельным областям и районам и способов их покрытия приводит к заключению, что, например, в Ярославско-Рыбинском районе уже в 1937 г. требуется дополнительная мощность порядка 100—150 мгвт, и Ярославская гидростанция при выработке энергии около 370 млн квтч. (без северного питания, которое, повидимому, может быть осуществлено гораздо позже) целиком может быть использована. Так как Угличская установка, повидимому, целесообразнее всего может быть использована как пиковая и резервная мощность для Москвы, а выработка на ней энергии сравнительно невелика, то для покрытия в Ивановской области дефицита в электроэнергии за пределами второй пятилетки неизбежна, по всей вероятности, подача энергии со стороны, например, от мстинско-демянских установок.

Василевская станция мощностью в 200 мгвт (без северного питания) целиком может быть использована в Горьковском узле к 1942 г.

Таблица 9

Характеристика ТЭЦ и конденсационных станций

	1937 г. мгвт	1942 г. мгвт
А. Московская область		
Станции г. Москвы (гл. обр. ТЭЦ)	471	733
ГЭС Классона	46	46
Шатурская	180	180
Каширская	186	186
Бобрики	150	150
Б. Горьковский край		
ГорьГРЭС	204	204
Автозаводская ТЭЦ	24	24
Сормово-Канавинская ТЭЦ	100	100 (200)
Дзержинская ТЭЦ	—	50 (74)
МарГРЭС	24	24
В. Ивановская область		
ЯрГРЭС	36	36
Ярак (ТЭЦ)	73	73
ИвГРЭС	123	123
ИвТЭЦ (№ 1 и № 2)	25	25 (75)
ЮжГРЭС	(50)	(50)
ТЭЦ нефтепер. завода в Ярославле	(50)	50

Примечание. Цифры в скобках являются вариантными.

Г. Урал	
Соликамская	41
Березниковская	93
Кизеловская	117
Закамская ТЭЦ	50
Тагильские ТЭЦ и ГЭС	100
Средне-Ур. ГЭС	100
Свердловские ТЭЦ	103
Синарская ТЭЦ (Алюм. Комб.)	250
Челябинские ТЭЦ и ГЭС	300
Бакальская ТЭЦ	50
Магнитогорские ТЭЦ и ГЭС	250
Таводинская ЦЭС	50

По предположениям Уралэнерго, уже в 1937 г. может быть использована мощность Камской гидростанции в объеме 100—150 мгвт.

Что касается Московской области, то, как следует из табл. 5, для нее в 1942 г. намечается дефицит мощности порядка 250 мгвт.

Считая, что от Угличской станции может быть передано в Москву 100 мгвт, получаем, что необходимо еще добавить 150 мгвт, и, следовательно, имеется реальная предпосылка для подачи энергии в Московскую область от валдайских гидростанций. При этом следует иметь в виду, что демянские гидростанции имеют почти неограниченное регулирование, и это позволяет им брать на себя, в случае необходимости, еще большую пиковую мощность, что значительно может повысить экономичность работы тепловых станций Московской области

Это положение является справедливым и для Ленинградской области, а потому целесообразно связать валдайские гидроустановки также и с Ленинградом.

Вышеуказанные соображения и определяют собою возможное направление потоков энергии от волжских, камских и валдайских гидроустановок, а следовательно и наиболее вероятную трасу линий передач. В соответствии с этим на чертежах и показаны основные направления магистральных линий передачи напряжением 110—220 кв. Конфигурация сети в значительной своей части может быть рассматриваема, как относящаяся приблизительно к концу 3-й пятилетки. Реальность ее осуществления в большой степени зависит от темпов развития гидроэлектростроительства. Следует отметить, что в эту конфигурацию вошли также и существующие и строящиеся в настоящий момент линии передачи.

Прежде чем переходить к характеристике сетей по отдельным областям и районам, необходимо вкратце обрисовать те общие условия, которые должны быть соблюдены при проектировании сетей в районах действия волжских, камских и валдайских гидростанций.

Весьма крупные мощности станций в отдельных узлах, намечаемые на вторую и, в особенности, на третью пятилетку, и значительные расстояния, на которые придется передавать энергию от некоторых указанных выше гидростанций, заставляют очень внимательно относиться к разработке общей схемы электроснабжения отдельных районов и областей и связи их между собою.

Общеизвестны те затруднения, которые имеются в настоящее время при осуществлении надежной параллельной работы между несколькими станциями при значительных расстояниях между ними и при больших передаваемых по линиям мощностях. Совершенно жесткая связь между ними опасна в том отношении, что при некоторых неблагоприятных обстоятельствах случайная авария где-либо в сети может принять очень большой размер и вызвать расстройство не только в самой подвергавшейся аварии системе, но и в соседних электрически с ней связанных системах.

Желание избежать этого и ограничить величину токов короткого замыкания приводит к известному разделению системы, к применению, например, системы так называемых «подвижных связей», что имеет место в некоторых силовых системах США.

Интересы планового хозяйства нашего Союза настоятельно требуют энергетического объединения отдельных областей между собою с тем, однако, чтобы надежность электроснабжения их при этом не уменьшалась. Это общее требование в зависимости от конкретных условий может быть осуществлено несколькими путями. Так, например, если рассматривать вопрос о способе присоединения Пермской гидростанции к Трансуральской высоковольтной сети или вопрос о связи Ленинградской и Московской сети, что может быть осуществлено через демянские гидростанции, то энергетическое объединение между вышеуказанными сетями может быть, например, осуществлено тем, что данная гидростанция по своей схеме допускает возмож-

ность отдавать всю свою мощность, или большую часть ее, в определенные промежутки времени в ту сеть, где в этот момент имеется наибольшая потребность. В то же время непосредственной электрической связи между обеими системами (например между Ленинградом и Москвой) не требуется, если схемой будет предусмотрена возможность приключения нужного числа генераторов и трансформаторов к соответствующей линии передачи. При таком способе связь и разрез между обеими системами осуществляются, следовательно, на крупной электрической станции. Наиболее легко это осуществляется на гидростанции, обладающей широкими возможностями регулирования мощности.

Другой путь — переменное присоединение некоторых промежуточных электрических узлов на ту или иную сеть в соответствии с избытком или недостатком в ней мощности. При этом рассматриваемый узел в данный момент электрически присоединяется к какой-либо одной сети, но, однако, схема должна предусматривать возможность автоматического переключения узла на другую сеть, если связь его с первой почему-либо нарушается.

Переходя теперь к рассмотрению схем и конфигурации сетей отдельных областей и районов, необходимо отметить следующее.

УРАЛ

Энергия Пермской гидростанции приблизительно в размере 50% может быть израсходована непосредственно в Пермском районе, а другая половина ее, в соответствии с директивами правительства, должна быть подана в Тагильский дефицитный по электрической энергии район. Величина передаваемой мощности 150—200 мгвт и расстояние около 250 км требуют применения напряжения 220 кв. Линия от Перми до Тагила на пути проходит через Чусовскую, где в будущем намечается постройка гидростанции (в 100 мгвт). Чусовская должна быть также связана линией в 220 кв с Кизеловским каменноугольным районом, который является топливной базой Северозападного Урала. [1]

В соответствии с вышеизложенным схема Пермской гидростанции может быть разработана с разделением станции и повысительной подстанции на две части: часть в 110 кв для питания непосредственно Пермского района и часть в 220 кв для питания линий в 200 кв, идущих на Тагил.

Между обеими частями может быть применен соответствующий трансформатор для переброски в случае нужды мощности с одной части на другую.

Дальнейшая связь Пермской гидростанции с другими узлами мыслится в следующем виде. От Кизела линия в 200 кв продолжается до Березники-Соликамск и далее вплоть до Колвинской и Вишерской гидростанций, что дает их энергии выход на юг.

[1] При постройке в Кизеле крупной тепловой станции явится возможность в период маловодья передавать от нее энергию не только в Тагил, но частично и обратно в Пермский район, если в последнем нагрузка сильно возрастет, при отсутствии достаточной тепловой мощности.

СХЕМА ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ, МОСКОВСКОЙ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТЕЙ
и
УРАЛА
Свирь
Свирь II
Ленинград
Вытегорские
Оятские
Волхов
Тихвинские
Шекснинские
Псков
Волминская
Светичёская
М.Боровичская
Боровичская
БоровичскаяБ
Полоцкая
Мосынинская
Хозницкая
Вышневолоцкая
Холмские
Полновская
Рыбинск
Кострома
Углич
Ярославль
Оршанская
Великолуцкие
Калинин
Иваньково
Переславль Залес
ИвГРЭС
Васильево
Ковров
Южа
Балахна
Горький
Витебск
Орша
Москва
им.Классона
Вязьма
Муром
Шатура
Касимов
Кашира
Окская
Тула
Бобрики
Орел
Колвинская
Вишерская
Надеждинск
Соликамск
Березники
Кизел
Лавшино
Пермь
Н.Тагил
Егоршино
Воткинск
Ижевск
Сарапул
Среднеуральск ГРЭС
Свердловск
Синарская
Златоуст
Челябинск
Уфа
Магнитогорск
Условные обозначения:
Гидростанции
Тепловые станции
Линии 220 kv
Линии 110 kv
Цифры при гидростанциях числитель мощность в mw
знаменатель выработка в млн kwh
Цифры при тепловых ст-ах только мощность
в mw на 31 / 12 г

Фиг. 1.

Южное направление линии в 220 кв намечается через главнейшие узловые пункты: Тагил—Свердловск—Сикарская—Челябинск—Златоуст — Магнитогорск. Последнее звено, повидимому, начнет осуществляться уже в следующем 1934 г.

ГОРЬКОВСКИЙ УЗЕЛ

Основное направление линий передачи от Василевской гидростанции намечается в сторону Горького. Несмотря на сравнительно небольшое расстояние (около 70 км) и учитывая перспективы северного питания, рационально, повидимому, остановиться на напряжении 220 кв. В настоящее время уже существует связь Горького с соседним Ивановским районом на 110 кв; в дальнейшем, повидимому, потребуется некоторое ее усиление. Как вариант возможен проход линии через Южскую станцию, если последняя будет осуществлена. Связь г. Горького с Московской областью может быть осуществлена по двум направлениям: 1) через Вязники—Ковров—Владимир и 2) через Муром—Гусь Хрустальный.

Следует отметить, что на 110 кв связь будет, конечно, относительно слабая и практически будет осуществляться тем, что некоторые промежуточные узлы будут присоединяться либо к Горьковской сети либо к Московской (точнее в Шатурской станции). Генпланом предусмотрена связь Москвы с Горьким на 220 кв, но надобность в ней возникает, повидимому, несколько позже (в частности после сооружения Самарской гидростанции и передачи от нее энергии в Горький — Москву).

ИВАНОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Ярославская гидростанция почти замыкается в своем собственном районе, а потому линии передачи напряжением 110 кв целиком разрешают задачу распределения ее энергии. В порядке резервирования и обмена излишней мощностью намечается связь Ярославской гидростанции с соседними районам — Рыбинским (через него связь с Угличской станцией) и Ивановским (связь с ИвГРЭС).

В настоящее время эта связь уже частично осуществляется. Что касается Угличской станции, то она в значительной мере может быть рассматриваема как станция межрайонного значения, особенно если она будет иметь мощность порядка 150 мгвт. В этом случае она может отдавать часть своей энергии прилегающему к ней району, в том числе и Рыбинску, а главным же образом она может служить в качестве пикового и аварийного резерва для Московской области. В соответствии с этим намечена линия в 220 кв от Углича до Москвы (на пути захватываются насосные станции на Москанале мощностью 60—80 мгвт), а кроме того предусмотрено ее продолжение и на север до Рыбинска, куда предположено довести линию в 220 кв от демянских и мстинских гидростанций.

Подробнее об этом сказано в дальнейшем.

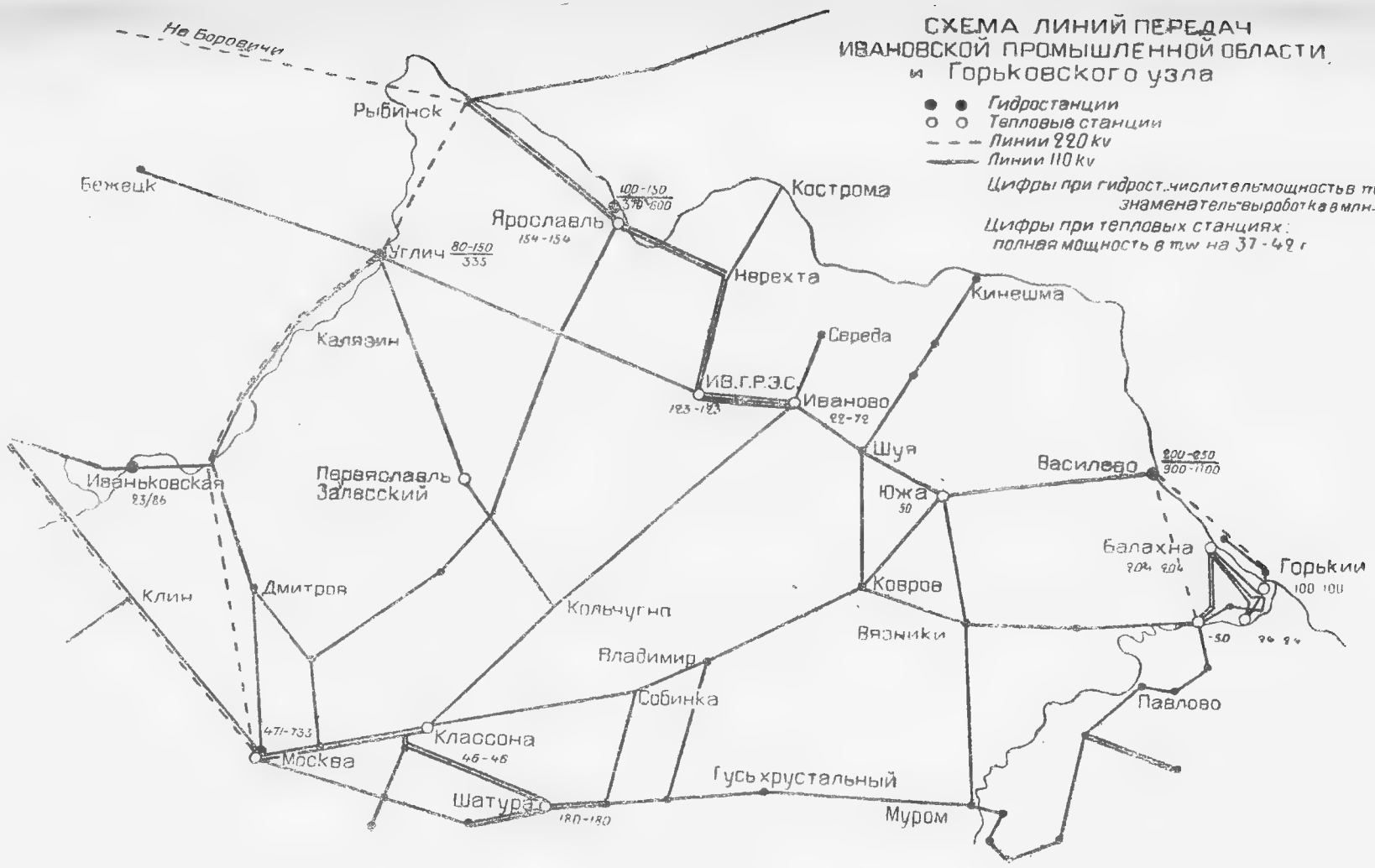


СХЕМА ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ
ИВАНОВСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОБЛАСТИ
и Горьковского узла
Гидростанции
Тепловые станции
Линии 220 kv
Линии 110 kv
Цифры при гидрост.-числитель-мощность в mw
знаменатель-выработка в млн. kwh
Цифры при тепловых станциях:
полная мощность в mw на 37-42 г
На Боровичи
Рыбинск
Бежецк
Углич 80-150 / 335
Ярославль 100-150 / 370-600 154-154
Кострома
Нерехта
Кинешма
Среда
Калязин
ИВ.Г.Р.Э.С. 123-123
Иваново 72-72
Шуя
Васильево 200-250 / 900-1100
Иваньковская 23/86
Переяславль Залесский
Южа 50
Балахна 204 204
Горький 100 100
Клин
Дмитров
Ковров
Кольчугино
Вязники
Владимир
-50 94 94
Собинка
Павлово
Классона 46-46
Москва 471-733
Гусь-Хрустальный
Шатура 180-180
Муром

Фиг. 2.

Для выхода энергии от Рыбинской подстанции на 220 кв и Угличской станции необходима прокладка линии в 110 кв, главным образом в восточном направлении.

ВАЛДАЙСКИЕ ГИДРОУСТАНОВКИ

Центральное положение основных валдайских гидростанций (демянские и мстинские) относительно трех старых промышленных областей — Ленинградской, Ивановской и Московской на расстоянии от них в 300—400 км позволяет их использовать в двух направлениях — как сравнительно большой источник энергии (выработка около 2 млрд. квтч.) и в качестве крупного межрайонного пикового и аварийного резерва (мощности около 550 мгвт).

Присоединение к ним гидростанций на р. Ловати (холмские и великолукие) увеличивает их общую выработку до 3.5 млрд. квтч., мощность же до 850 мгвт, и, следовательно, увеличивает и их маневренную способность.

Демянские гидростанции обладают практически неограниченным суточным и сезоным регулированием, а потому наиболее крупную из них Хозюпинскую станцию рационально сделать центральным узлом системы и дать от нее прямую связь с Ленинградом (310 км) и Москвой через Тверь (385 км). Связь Хозюпинской станции с Рыбинском (420 км) мыслится через наиболее крупную из мстинских установок — Боровичскую гидростанцию. Такая схема принята из-за практической неосуществимости в данное время параллельной работы электрических станций Ленинграда, Москвы и Ивановской области при столь громадных расстояниях и из-за опасности в то же время жесткой электрической связи между ними. Так как Хозюпинская станция является притом центральным коммутационным пунктом, то это позволит осуществить раздельную работу генераторов и в то же время, связывая нужное число генераторов с той или другой линией, позволит свободно маневрировать мощностями в соответствии с требованиями любого из трех районов. Направление линии Хозюпино—Рыбинск через Боровичи удобно тем, что позволит вливать в нее мощность двух верхних мстинских установок, используя также в необходимых случаях генераторы этих станций в качестве источников реактивной мощности.

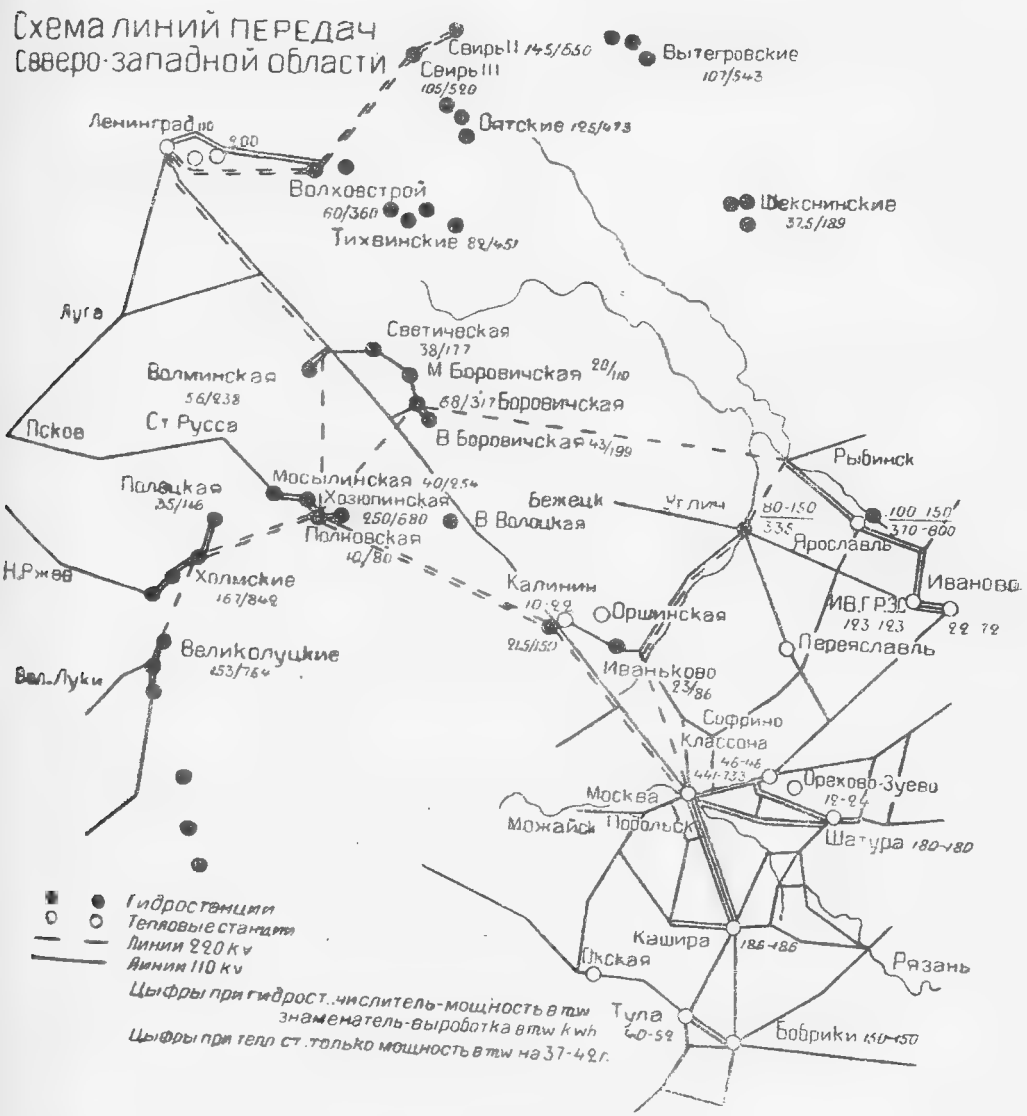
Нижне-мстинские установки, помимо питания местного района, всю свою свободную энергию смогут отдавать Ленинграду, для чего предположено присоединить их к линии в 220 кв где-либо в районе железнодорожной станции Мстинский мост.

Гидростанции на реке Ловати намечено при помощи линии в 220 кв присоединить к Хозюпинской гидростанции и оттуда уже передавать их энергию в нужном направлении.

Что касается вытегорских гидростанций, то в настоящее время целесообразность их сооружения находится под сомнением (изменение направления стока Белого озера в Онежское озеро отнимает от Волги около $3.5.10^9$ $м^3$ воды). В случае их постройки возможно передавать

их энергию как в сторону Ленинграда (через Свирь № 2), так и до Рыбинска.

Орентировочное распределение энергии и мощности демянских и мстинских гидростанций рисуется в следующем виде: в Московскую область 1 млрд. квтч. при максимуме мощности 200—250 мгвт, в Ленинград, включая потребности южной части области, около 0.5 млрд. квтч. при максимуме передачи 100—150 мгвт, а в Ивановскую область



Фиг. 3.

в Рыбинск также около 0.5 млрд. квтч. при максимуме мощности около 100 мгвт. Сооружение ловатских установок позволит в дальнейшем увеличить передаваемую энергию. Масштабы передаваемых мощностей и расстояний (300—400 км) диктуют выбор напряжения передаточных линий в 220 кв.

С технической точки зрения передача при таком напряжении не встречает особых затруднений, но, конечно, на пунктах приема

энергии, т. е. на понижающих подстанциях, должны быть приняты соответствующие меры и предусмотрены надлежащие устройства для поддержания напряжения и возможности параллельной работы с местными станциями. Точно также должно быть обращено большое внимание на создание надежных грозоупорных линий, а кроме того и на выбор трасы линии передачи, облегчающей надзор и ремонт линий во время эксплоатации.

Что касается экономического эффекта передачи, то подсчеты показывают, что при передаче по одиночной линии в 220 кв, длиной 400 км, 500 млн. квтч. при максимуме мощности в 100 мгвт—стоимость передачи на 1 квтч. лежит в пределах 0.6—0.8 коп. (включая и социалистическое накопление). При таком подсчете не учтено, однако, значение таких линий для создания пикового и аварийного резерва мощности для электрических систем. Надлежащий учет этого обстоятельства сильно повысит рентабельность передачи и, возможно, оправдает и более высокий максимум передаваемой по линии мощности.

Вопросы параллельной работы гидростанций, далеко расположенных от пунктов потребления, с местными тепловыми конденсационными, а в особенности с теплофикационными установками, и надлежащего распределения между ними не только активных, но и реактивных мощностей, требуют серьезной работы и изучения и, в частности, в отношении наиболее экономического режима их совместной работы.

Разработка всех этих вопросов уже теперь должна быть поставлена в порядок дня.

Все вышеизложенное можно вкратце резюмировать следующим образом.

1. Рациональная проектировка сети в районах волжских гидростанций требует углубленной разработки вопроса о нагрузках и режимах потребления энергии в вышеуказанных районах не только на конец 2-го пятилетия, но и значительно за пределами его (1942—1947 гг.) а также разработки конкретного плана баланса энергоснабжения этих районов в отношении увязки тепловых станций с гидростанциями.

2. При проектировании вышеуказанных высоковольтных сетей особое внимание должно быть обращено на возможность, при осуществлении интерконнекции сетей, энергетического объединения районов и одновременного повышения при этом надежности их электроснабжения.

3. Необходимо также предусмотреть возможно полное использование энергии гидростанций в условиях совместной их работы конденсационными и теплофикационными установками, а в то же время надлежащее использование их мощности в качестве пикового и аварийного резерва межрайонного значения.

4. Сеть волжских станций должна быть увязана с Единой высоковольтной сетью СССР.

Председатель. Следующий доклад В. Н. Глазанова «Конструкции линий электро-передач в районе Большой Волги в связи с надежностью электроснабжения».

В. Н. ГЛАЗАНОВ.

КОНСТРУКЦИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРО-ПЕРЕДАЧ В РАЙОНЕ БОЛЬШОЙ ВОЛГИ В СВЯЗИ С НАДЕЖНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Линии передачи Волго-Каспия в смысле электрических характеристик их интересны в трех отношениях.

Во-первых, по наметкам акад. А. А. Чернышева рабочие напряжения от 6 до 35 кв доходят до 380 кв в магистральных линиях.

Во-вторых, район, который охватывает система линий Волго-Каспия, простираясь от крайнего Севера и доходя до южных областей, включает, очевидно, все метеорологические возможности Европейской части Союза.

И в-третьих, в схеме Волго-Каспия мы имеем магистральные линии передач с огромными потоками мощности, линии, в которых надежность работы должна быть соблюдена безусловно. С другой стороны, могут иметь место линии, в которых перерыв снабжения не вызовет тяжелых потрясений (таковы, например, линии для ирригации). Эти последние, даже с риском возможных выключений их, должны быть сконструированы как можно проще и дешевле.

Представляет интерес поэтому критически рассмотреть вопрос о конструкциях линий передач с точки зрения надежности электроснабжения.

Можно наметить следующие особенности для создания грозоупорной линии передач (мы рассматриваем здесь только наиболее опасные перенапряжения — при прямом ударе).

А. Опоры линии должны быть сколь возможно низкими, что дает:

1) Уменьшение числа попаданий прямых ударов молнии. 2) Небольшое уменьшение волнового сопротивления линии и троса, а стало быть и уменьшение волны перенапряжения на тросе.[1] 3) Уменьшение волнового сопротивления опоры[2] и, следовательно, уменьшение амплитуды волны перенапряжения на вершине опоры.[3] 4) Уменьшение времени воздействия на изоляцию гирлянды волны перенапряжения.[4] 5) Незначительное увеличение потерь на корону. 6) Наибольшое увеличение «естественной» передаваемой мощности.

Б. Длина пролета должна быть небольшой, что дает:

1) Уменьшение времени воздействия на опоры большого напряжения.[4] 2) Уменьшение вероятности перекрытия с троса на провод.

[1] При определенном волновом сопротивлении и токе молнии напряжение на линии (при прямом ударе) равно $E = IZ$ (где Z — волновое сопротивление линии).

[2] Расчет, произведенный в ЛЭФИ, показывает, что чем ниже опора и чем дальше друг от друга расставлены у заземлителя ноги опоры, тем меньше ее волновое сопротивление.

[3] Рассчитанное по формуле $\frac{IZ}{\text{оп.}}$ напряжение уменьшается за счет отражений волны от сопротивления заземлителя. Чем ниже опора, тем скорее подоспеет отраженная от заземления волна.

[4] Чем короче пролет, тем скорее подойдет отрицательная волна от соседней опоры, уменьшив напряжение на данной.

3) Дальнейшее снижение высоты опоры, вследствие уменьшени стрелы провеса.

В. Проводящие части опоры должны быть расположены возможно дальше друг от друга, что дает уменьшение волнового сопротивления опоры [1] и вследствие этого уменьшение потенциала на вершине опоры. [2]

Г. Заземление опоры должно быть малым, что дает уменьшение напряжения на вершине опоры после первых долей микросекунды.

Рассмотрим принципиальные возможности осуществления указанных мероприятий.

Расстояние от провода до земли диктуется, очевидно, мерами безопасности. При этом приходится рассчитывать на возможность перекрытия лишь при рабочем напряжении, так как в линиях, защищенных тросами, вероятность попадания прямого удара в провод слишком мала, и, наоборот, гораздо больше вероятность во время грозы касания опоры человеком, когда в ней происходит ток молнии.

Если взять с запасом напряжение, равное $3.46\ E_{ф} = 2\ E_{л}$, то при пробе между остриями получим для линии 115 кв — 68 см и для линии 220 кв — 135 см.

Таким образом, линию передачи можно было бы располагать на расстоянии 2 м от земли, и без особых мер защиты такая линия была бы вероятно грозоустойчивой.

Вопрос о проездке под линией передачи должен быть пересмотрен со многих точек зрения.

В сельских местах мы имеем колхозы, политотделы, советы. Широкая разъяснительная кампания о ряде профилактических мер может поставить вопрос о создании специальных проездов под линией для груженого автомобиля или воза. Совсем не обязательно при этом, чтобы на грузовике во весь рост стоял человек. Возможно, например, такое решение этого вопроса: промежуточные опоры делаются более низкими, чем анкерные. Проезд высокого груженого транспорта производится вблизи анкерной опоры. Такое решение выгодно в том отношении, что основное число ударов молнии будет попадать в высокую (и хорошо защищенную) анкерную опору. Последняя снабжается и соответствующими приборами для измерений перенапряжений.

Во всяком случае, принятые практикой нормы 6 м наинизшей точки подвеса для линий на 115 кв, 7 м для линий на 220 кв и 8—9 м для 380 кв — не кажутся убедительными.

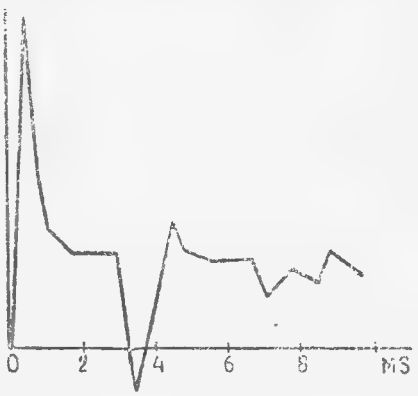
Вопрос об уменьшении длины пролета решается самостоятельно для конкретных условий задачи. Но при решении необходимо помнить, что помимо механических условий существуют и электрические: при уменьшении длины пролета вдвое (например, вместо 300 м — 150 м) импульсная крепость изоляции увеличивается примерно на 10—15%.

Помимо физического уменьшения длины пролета — возможно и электрическое: заземление троса в середине пролета.

[1] См. прим. 2 на стр. 111.
[2] См. прим. 3 на стр. 111.

Наименее выяснен сейчас вопрос о заземлении опор линии передачи. Сделать активное сопротивление малым в плохом грунте чрезвычайно трудно и требует огромной затраты металла. По существу же надо скорее увеличивать емкость заземлителя, чем уменьшать его сопротивление. Однако удовлетворительного решения вопроса еще не найдено. Имеются указания, что система противовесов, т. е. проводов, уложенных в земле на значительном протяжении, снижает число перекрытий гирлянд.

Так, на 14 пролетах линий Wallenpaupack—Siegfried были установлены тросы с обычными заземлителями, при этом в 1927—1928 гг. наблюдалось 23 перекрытия гирлянд. В 1929 г. заземлители были сменены противовесами, и за 4 года (1929—1932 гг.) ни одного перекрытия не наблюдалось.



Фиг. 1.

Однако вопрос о возможности перекрытий на линии не сводится к действию только заземлителей; Sporn указывает, что даже при сопротивлении заземления в 3 ома наблюдалось перекрытие гирлянды на линии в 132 кв.

Особенно поучительны в этом отношении данные Lewis and Foust, относящиеся к той же линии Wallenpaupack — Siegfried.

Производились измерения тока молнии у заземлителя и сопротивления заземлителя. Тогда произведение $1\ R$ давало напряжение у заземлителя. При этом оказалось, что в течение 1931 и 1932 гг. для группы от 20 тыс. вольт до 100 тыс. вольт из 32 попаданий прямого удара 27 не сопровождались выключениями линии и 5 сопровождались выключениями (так как не всякое перекрытие гирлянды сопровождается выключением, то число перекрытий могло бы быть и больше).

Для группы от 1 млн. и до 5 млн. вольт из 19 попаданий — 15 дали в результате выключение и 4 не дали.

Закономерность, вообще говоря, ясна: чем меньше сопротивление заземлителя, тем меньше вероятности перекрытия гирлянды. Но оказывается, что перекрытие возможно даже при очень малых напряжениях внизу опоры (от 20 до 100 кв). Изоляцию 220-киловольтной линии не может перекрыть импульсное напряжение в 100 кв. В чем же дело? Очевидно напряжение на вершине опоры может сильно разниться от того, которое будет на заземлителе. Напряжения на вершине имеют пиковый характер (фиг. 1). Значение амплитуды не зависит от величины сопротивления опоры. Даже при нулевом сопротивлении заземлителя величина амплитуды пика не уменьшается. Величина амплитуды пика зависит от амплитуды и фронта волны, от волнового сопротивления тросов и опоры, но не зависит от величины заземления опоры. Последнее определяет степень спадания пика. Таким образом, изолятор подвергается перенапряжению, имеющему резко неравномерную форму.

Совершенно недостаточно при этом изучена реакция изоляторов на подобное напряжение. Некоторые данные дают возможность предполагать значительное повышение коэффициента импульса при пике, но все же возможность перекрытия гирлянды и пробой ее при столь малых промежутках времени далеко не исключены.

Создание линий передач, несущих огромные мощности, требует обеспечения, с одной стороны, максимальной надежности их эксплоатации, с другой стороны, огромная протяженность линий требует максимальной экономии при их осуществлении.

То и другое может быть достигнуто лишь при возможности точного электрического расчета опоры.

Для этого необходимо изучить:

1) Влияние напряжения (продолжительностью порядка 0.1—0.05 сек.) на изоляцию гирлянды и гирлянды плюс дерево.

2) Изучение потенциала на вершине опоры в зависимости от постоянных линий и опоры и от сопротивления и конструкции заземлителя.

3) Вопросы расщепления деревянных опор ударами молнии.

4) Влияние троса на потенциал на опоре и проводе.

5) Изучение приборов, регистрирующих перенапряжения.

6) Изучение изменения фронта и амплитуды волны очень высокого потенциала при движении ее по линии или тросу.

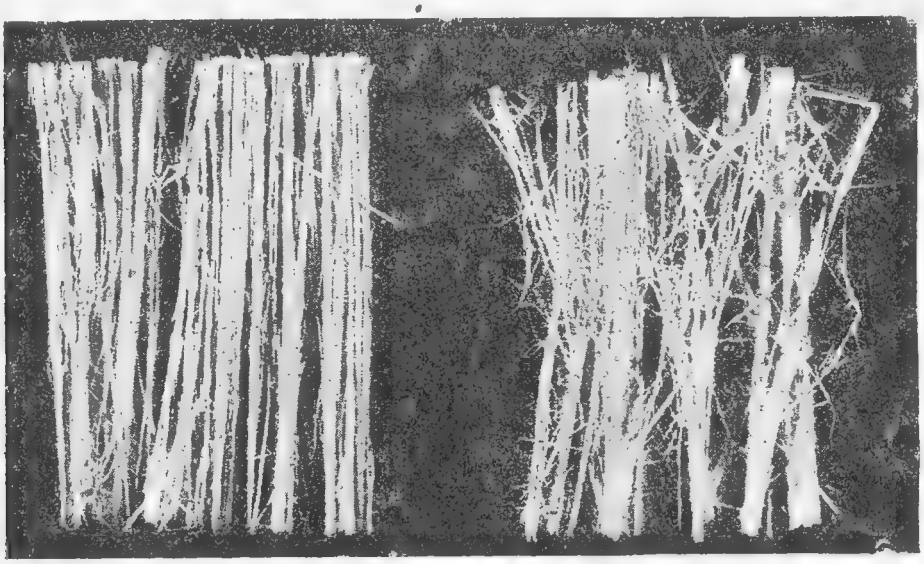
7) Изучение влияния линии передачи на линии слабого тока и т. п.

Для исследования всех этих вопросов необходимо построение мощного высоковольтного генератора порядка нескольких тысячном в ударе с напряжением до 10 млн. вольт. При этом генераторе должны быть «пристроены» опытные линии передач. Создание такого генератора в здании не решает вопроса из-за невозможности вывода столь больших напряжений. Мощность генератора должна быть достаточно большой, чтобы напряжение не снизилось значительно при подаче на линию.

Спроектированный в ЛЭФИ генератор молнии имеет 10 млн. вольт и 3000 ом в ударе, и освобождаемая при ударе мощность составит в 1 сек. 160 млн. квт, т. е. мощность, которую в равный промежуток времени не могли бы дать все электрические станции мира, вместе взятые.

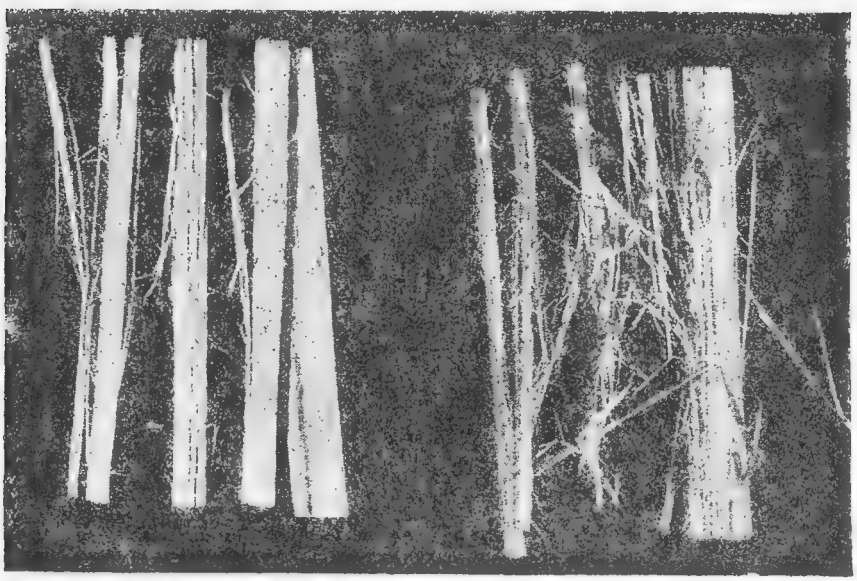
При тех огромных напряжениях, которые могут появиться на опоре, даже защищенной тросами, — единственная возможность сделать опору грозоупорной заключается в использовании изоляции дерева. С этой точки зрения мы должны решительно ориентироваться на деревянные опоры. Испытания показывают, что импульсная крепость дерева довольно высока и мало зависит от условий погоды. Но, благодаря последовательному включению дерева и гирлянды, все напряжение при импульсе садится на меньшую емкость, т. е. на дерево, и комбинация из дерева и гирлянды изоляторов работает хуже, чем только изоляторы или только дерево. Полезно поэтому при проектировании опоры увеличить емкость промежутка по дереву, создав специальные электроды с большой поверхностью.

Неблагоприятное свойство деревянных опор состоит в том, что при недостаточной защите прямой удар молнии может расщепить ее. До сих пор физика процесса расщепления не была ясна. Сейчас работами ЛЭФИ в этой области показано, что при прохождении разряда



a b

Фиг. 2.



a b

Фиг. 3.

высокая температура его превращает капиллярные включения воды в пар, воздух же при этом расширяется. Быстрый (в течение микросекунд) ход процесса носит характер взрыва. В зависимости от мощности удара дерево расщепляется либо на отдельные волокна (при многократном повторении разряда), либо раскалывается на щепу полностью (фиг. 2, 3 и 4).

Есть некоторая (пока еще слабая) надежда на возможность создания нерасщепляемого дерева.

При проектировании линии передач на деревянных опорах следует применять защитные тросы в большей мере, чем при металлических опорах.

Мы имеем взаимно противоречащие требования для высоты расположения троса и диаметра его. Защита от индуктированных напряжений, малое напряжение касания опоры и защита линии связи требуют близкого расположения троса и провода; напряжение касания и защита линии связи требуют большого сечения провода; защита

a b

Фиг. 4.

от прямых ударов предполагает большое расстояние между тросом, диаметр провода не имеет при этом серьезного значения. Для числа тросов желательно расположение одного троса с малым сопротивлением для защиты линии связи и многих тросов для защиты от индуктированных напряжений (увеличивается коэффициент защиты линии и от прямых ударов (уменьшается эквивалентное волновое сопротивление для вершины опоры). Необходимо установить единую точку зрения на все эти вопросы, имеющие огромный экономический эффект.

Указания на малый радиус защитного действия троса при прямых ударах и возможность частичного разряда молнии не дают сейчас возможности ориентироваться на громоотводы, расположенные вне троса линии. Необходимо также осторожно отнестись к литературным указаниям о желательности очень больших расстояний от троса до провода.

Большое значение имеет вопрос о заземлении троса. Заземление на ноге опоры снимает возможность использования изоляции дерева

Приходится применять оттяжки (расположенные параллельно линии или под прямым углом к ней), либо частично использовать изоляцию опоры, устроив на ней специальный искровой воздушный промежуток.

Большое значение при применении деревянных опор имеет вопрос о загорании сухого дерева токами утечки по изоляторам. Необходимо разработать систему подвески гирлянд с увеличенной поверхностью касания металла подвески и дерева.

Применение деревянных опор на напряжение порядка 400 кв не вызовет больших затруднений. В ЛЭФИ была разработана конструкция деревянной опоры на 380 кв. Так как определяющим фактором изоляции линии является атмосферное перенапряжение, величина которого не зависит от рабочего напряжения, то изоляция линии на 380 кв не будет сильно разниться от 220-киловольтной линии.

Кроме указанных выше профилактических мероприятий по созданию надежно работающих электрических систем должно быть обращено внимание на меры по ликвидации последствий перекрытия гирлянд.

Установка на линии разрядников дугогасителей прекращает начавшееся короткое замыкание, разрядники перед подстанцией защищают от повреждения трансформатор и координируют изоляцию линии и подстанции, увеличенное реактивное сопротивление в нейтрали создает условия, препятствующие появлению дуги после перекрытия гирлянды, и быстро действующие масляные выключатели в кратчайший срок ликвидируют короткое замыкание в системе.

Вся сумма мероприятий должна быть изучена для проектирования магистральных межрайонных связей. Повреждения на них должны быть сведены к минимуму.

В проблеме Волго-Каспия предусматриваются, однако, линии передач, перерывы в эксплотации которых могут быть допущены без особого ущерба. Таковы линии, имеющие узко-местный характер в смысле потребления энергии, или линии для ирригационных целей. Основные принципы при проектировании подобных систем должны быть: простота и дешевизна. Нужно ориентироваться при этом на самые простые конструкции опор, может быть имеющие даже экспериментальный характер, но в достаточной мере дешевые.

Таким путем можно произвести массовое исследование опор, изоляции, защиты и т. п. в эксплоатационных условиях. Выявленные при этом возможности могут быть использованы при проектировании и постройке более ответственных линий.

ПРЕНИЯ

Председатель. Позвольте начать обмен мнений по докладам инж. Н. Н. Крачковского и В. Н. Глазанова. Слово предоставляется акад. Г. М. Кржижановскому.

Акад. Г. М. Кржижановский. Я начну с последнего доклада, весьма интересного и поучительного. Какой напрашивается из него

вывод? Мы ведем многолетнюю борьбу за народно-хозяйственную значимость сети электропередач высокого напряжения. Но мы не можем сказать, что эта борьба сопровождалась успехом. Достаточно указать, что еще до сих пор Днепровская станция, станция огромной мощности, работает вхолостую, несмотря на то, что мы много лет тому назад предупреждали о необходимости соединения сети Днепрогэса с Донецким бассейном. Для нас необходимость этого была ясна, и мы представляли против многочисленных возражений одно основное положение: если этого не сделать, то эта огромная станция не будет в состоянии развернуть полного масштаба действия вследствие того, что строительство Днепровского комбината и развертывание промышленности в непосредственной близости от Днепрогэс затянутся на целый ряд лет. Действительность показала нам, что именно в таком положении мы и очутились, и этим не замедлили воспользоваться наши враги. Если вы просмотрите фашистскую литературу, выступления теперешних немецких электротехников и энергетиков (а они причесаны сейчас по моде Гитлера), то вы увидите, что многие из крупнейших немецких электротехников, которых мы приглашали сюда для экспертизы и которые будучи в нашей стране разыгрывали роль наших друзей, теперь пишут такие заметки о нашем хозяйстве, из которых явствует, что они находятся в лагере фашистов. «Вот пример необдуманности строительства в Советской стране», пишут они, «пример экспериментирования, разительный пример — Днепровская станция». И указывают ряд моментов, где наша станция неполноценно используется вследствие того, что не была своевременно построена электрическая сеть, о необходимости чего мы давно предупреждали. Все практики, являющиеся адептами эмпирического разрешения хозяйственных вопросов и элементарного здравого смысла в кавычках, говорили: «Электрическая сеть это — очень неблагонадежная вещь, и поэтому давайте каждому нашему объединению свой домик, а когда вы усовершенствуетесь, то вы нас объединяйте, соединяйте и т. д.».

Мы отвечали на это, что при правильно поставленном обслуживании электрическая сеть будет служить надежно.

Вопрос об электрическом объединении наших источников энергии, вопрос о защите в этом отношении наших позиций, играет огромнейшую роль. Если вспомните историю вопроса, то для всех электротехников станет ясно, какими гигантскими шагами идет мир в этом отношении. Мне пришлось участвовать в прокладке самых первых линий электро-передач в нашей стране. Это был настоящий «миллион терзаний», потому что расчеты предохранительных устройств, жалобы на то, что линии электрических передач портят все кругом и уничтожают линии слабого тока, в общем все те требования которые предъявлялись к нашим первым сетям, были поистине гомерического характера. Все, знающие историю вопроса, помнят, что при переходе электрической сети через дорогу или шоссе от нас требовали сооружения настоящих мостовых сооружений. Сверху идет тонкая линия передачи, а внизу надо устраивать целый мост, чтобы в случае падения провод упал бы не на «головку», а на мост.

Сравните теперешний подход. Вы приближаетесь по улицам Москвы к МОГЭС; берег Москвы-реки теперь обделывают вроде берега Невы — и тем не менее здесь идет линия высоковольтных передач, под которой никаких мостов никто не устраивает. Таким образом, наш тезис, который мы защищали раньше о том, что линия передачи сама по себе есть инженерное сооружение, в котором инженеры могут рассчитать с заранее установленным коэффициентом механическую прочность с любым коэффициентом запаса, восторжествовал, но после большой борьбы.

Теперь же, если вы посмотрите на ту сеть, которой покрывается страна, хотя бы в этих проектах, то вы увидите, что вы уже используете в рамках этого творчества плоды большой многолетней борьбы в защиту возможности такого строительства и при этом без сопряжения его с такими защитными средствами, которые нам подсовывали в первое время, потому что если представить себе, что пришлось бы построить такую сеть при указанных выше мерах предохранения общественной безопасности, то на нее упали бы огромнейшие добавочные накладные расходы, которые сделали бы все эти сети нерентабельными. Поэтому только что заслушанный нами доклад, во второй своей части, имеет огромную значимость. Мне думается, что автору доклада необходимо внимательно просмотреть стенограмму, кое-что подчеркнуть и заострить; смысл его доклада таков: несмотря на весь прогресс техники, несмотря на пройденные уже огромные этапы в борьбе за защиту позиций электроэнергетики, мы все еще у берегов. Работы, которые начинаются сейчас у акад. А. А. Чернышева — только первый приступ к работе. Здесь открывается необозримое поле дальнейших исследований, усовершенствований механической и электрической прочности, дальнейшей борьбы с перенапряжениями, с грозовыми ударами и т. д. Доклад рисует нам настолько многообещающее начало работ, что мы смело можем сделать такой основной вывод: впереди у нас полная возможность обеспечить себя электросетями со 100-процентной полной защитой в течение этих же ближайших пятилеток, и вот эта полная и совершенная защита есть основание действительной устойчивости и народно-хозяйственной прочности, потому что если подсчитать какой народно-хозяйственный вред приносят перерывы в снабжении электроэнергией, то получатся поистине потрясающие величины.

Нам необходимо разбудить огромные творческие силы, ибо слишком завлекательна эта работа, слишком высоки ее ставки и жалеть средства на эту работу — значит быть слепым.

Мне думается, необходимо сплотить около В. Н. Глазанова и акад. А. А. Чернышева мощную когорту людей, которые привлекали бы общественное внимание к этому вопросу, выступали бы с популярными докладами, чтобы действительно сломать пережитки сопротивления новой технике, пережитки, когда-то приведшие к требованию при появлении первой железной дороги ставить около полотна заборы, потому что считали, что железная дорога с ее движением непереносима для психического здоровья.

Приветствуя многосторонний подход В. Н. Глазанова к этой проблеме, нельзя не пожалеть, что он не оттенил известных положений.

По поводу первого доклада тов. Чернышева должен заметить, что все эти расчеты чрезвычайно поучительны, но, к сожалению, в получасовом докладе тов. Чернышева нельзя было развернуть полной картины тех выводов, которые нужно было сделать. Но, однако, все доложенное тов. Чернышевым от ГИТРИ, со свойственной ему скромностью, вредящей делу, имеет огромное народно-хозяйственное значение. Тов. Чернышев, рассказывая о трансуральской сети, слово «трансуральская сеть» избегал употреблять.

Тов. Чернышев дал совершенно правильное определение того, что мы разумеем под Единой высоковольтной сетью, и, устранив механистический элемент, показал, что мы не просто элементарно мыслящие люди, что мы не только взяли сеть и перекрыли ею расстояние от Ленинграда до Владивостока. Наша идея высоковольтной сети— правильная идея. Тов. Чернышев сказал, что это так, и в тоже время что это не так. В этом и есть его заслуга. Он нарисовал огромную линию, идущую по великой Волжской магистрали, которую мы называем: «электроводной системой», «электроводной сверх-магистралью». Он нарисовал могучую линию электропередачи, которая идет через Ленинград, Москву, через великолепный узел валдайских межрайонных электростанций, идет до Сталинграда, до низовьев Волги. Однако следует поставить в упрек докладчику, что он не упомянул о том, что мы можем защищать одну конструктивную идею. Представим себе направление линии электропередач: спускаясь по Волге до крайнего юга страны, она идет с запада от Сталинграда до Нижневолжской станции, до Днепровского бассейна. Она идет и соединяется с Днепрогэсом. Таким образом, в центре нашей страны получается огромное кольцо высоковольтных электропередач.

По проектам немецких электротехников для единой электросети в Германии имеется точно такое же кольцо.

Приглашенные к нам американские эксперты заявили, что согласно опыту Америки не следует строить железные дороги. Мне кажется правильной идея, руководствуясь которой инженер при рассмотрении перспектив народного хозяйства той или иной страны устанавливает вместе с сложнейшим разрезом всей кровеносной системы этой страны также и соответствующий целевой подход. Между прочим, эксперты предложили несколько конструктивных идей, не имеющих ничего общего с тем самотеком, который у нас имел место.

Подходя к высоковольтной сети только по линии расчетов ее постройки, мы идем по тому же пути, по которому шли в проектировке железнодорожной сети. Возникает опасность подражания первым стадиям железнодорожного строительства, когда не было возможности проектировать общей системы железных дорог. Боюсь, что мы и сейчас также находимся в стадии такого самотека и эмпиризма. Если же посмотреть с точки зрения электрических возможностей, то для нас это не простое дело — это новая наука. Мы должны организовать специальную лабораторию для всяких изысканий и применять

полуэмпирические подсобные средства, которые подходят к решению этого вопроса. Конечно, необходимо в первую очередь получить возможности маневрирования и не перегибать палку в этом отношении. Необходимо работать с опережением и приучить хозяйственников считаться с тем, что выбор для постройки новых гнезд в промышленности пойдет от электричества. Хозяйственники имеют свой расчет, и это им не нравится, бумажники руководствуются своими интересами, текстильщики — своими, патриоты Москвы идут своим путем и т. д., а ведь мы защитники такой идеи, которая находит еще мало сторонников. Экономисты говорят: «Какие сложные вопросы входят в комплекс жизни большого района — и горы, и реки, и цвет кожи и глаз», и чего только не скажут. Да, но это — прошлое, а будущее мы слышим в уже высказанных мною заявлениях. Нужно искать отзвуков будущего и в моментах, идущих от верхов промышленного капитализма. Тут происходит стык таких противоречий, которые уничтожают друг друга, и от представителей передовой американской страны — США мы слышим такие заявления: линии больших, сверхмощных передач и есть линии расположения американской промышленности. Там, где американская промышленность отошла от этих линий — там гибель и запустение. Если хотите проверить жизнь отдельных районов Соединенных Штатов Америки, то вы можете пользоваться разнообразными кривыми, но лучше всех кривых данные, которые получены от электросчетчиков или от «сверхсчетчика»: «а сколько такой-то район потребляет энергии». А мы перекрываем эти американские возможности, потому что американцы к этому пришли ощупью, с большими жертвами и потерями. Сейчас мировой кризис подводит некоторые итоги, и мы видим, как неблагополучно обстоит дело. Мы принципиально ушли от этого неблагополучия, и было бы смешно, если бы мы не защищали принципов энергетического районирования. Но даже наши экономисты говорят: «как сложно, как много факторов». Пусть так, а мы все же будем это делать.

Вот все мои замечания, которые мне хотелось сделать по заслушанным докладам.

Н. И. Левенсон. Мне хотелось бы высказать несколько замечаний по прослушанным чрезвычайно интересным докладам. Начну со второго доклада.

Большое внимание докладчиком уделяется деревянным опорам, что можно только приветствовать, так как я считаю, что будущность принадлежит деревянным опорам, в особенности при тех колоссальных протяжениях линий, которые намечены проектом.

Американцы, которые шли до сих пор впереди по линиям передач, приходят к убеждению, что железные опоры американского типа (на 4 ногах), очень распространенные в Америке, далеко не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к опорам линий передач. Опоры эти стоят дорого и вместе с тем часто подвергаются авариям.

В целом ряде американских журналов мы можем видеть снимки аварий с этими опорами и вызываемых ими повреждений линий. Между тем деревянные опоры, в особенности при применении оттяжек,

хорошо работают при очень тяжелых условиях. Стоимость же их гораздо меньшая. Надо серьезно заняться разработкой хорошего и дешевого типа деревянных опор.

Второй вопрос это — гололед. Гололед чрезвычайно тяжело ложится на стоимость сооружения электропередач и угрожает правильности их эксплоатации. Борьба ведется с ним пока только в одном направлении: применением прогрева линий передач током, причем линии выключаются на это время и не работают. Это паллиатив. Нашим научным институтам необходимо заняться нахождением более радикального способа борьбы с гололедом.

Мне кажется, что при затрате сил, и может быть уже и не таких больших средств, можно будет найти способ, не прерывая эксплоатации линии, уничтожать гололед, что теоретически вполне возможно. Я думаю, что наши крупные научные силы справятся с этой чрезвычайно важной проблемой, разрешение которой сохранит не один десяток миллионов.

Теперь позвольте сказать несколько слов по первому докладу.

Схема разработанных линий грандиозна, и поэтому на такой схеме, при колоссальном значении этих линий передач для всего нашего народного хозяйства, надо, конечно, проработать возможно широко все связанные с ними вопросы.

Всем известно, что параллельная работа станций даст наилучшие результаты как в смысле использования установленных мощностей, так и экономичности их работы. Связывающие станции кольца линий передач дают возможность развиваться промышленности там, где ей нужно; все это совершенно правильно. Но при этом неминуемо встретится целый ряд затруднений, вызываемых теми колоссальными мощностями, которые будут сосредоточены в ряде пунктов. К этому вопросу следует подойти очень осторожно, потому что при таких колоссальных мощностях аппаратура получается настолько громоздкой и тяжелой, что с ней трудно будет, при современном состоянии техники, справиться. Неизбежны, кроме того, и очень крупные эксплоатационные затруднения.

Необходимо отметить, что в последнее время в американской литературе появились заметки о том, что слишком увлеклись непосредственной связью электростанций, и сейчас уже раздаются голоса, что надо было подходить к этому вопросу более осторожно: станции надо соединить не отдельными сверхмощными линиями, а через ряд примыкающих друг к другу местных сетей.

В некоторых случаях на это следовало бы обратить внимание и проработать соответствующие варианты, так как это может дать большие экономические выгоды и облегчить условия эксплоатации.

Затем следовало бы поискать новые пути улучшения работы линий передач.

Главный недостаток наших линий передачи заключается в их большой реактивности, которая служит большим препятствием при параллельной работе станций и при передаче мощностей. Поэтому надо найти какой-нибудь способ уменьшения этой реактивности. Американцы,

например, предложили подвешивать не провода, а кабели, так как реактивность кабелей во много раз меньше реактивности проводов. Может быть на это следовало обратить внимание и проработать этот вопрос. Во всяком случае, проблема проекта настолько грандиозна и интересна, что мне казалось бы необходимым, не жалея средств, осветить ее всесторонне, так как каждое, даже небольшое улучшение сбережет в дальнейшем миллионы.

Р. А. Ферман. Меня удивила боязнь объединить между собою электрические системы, высказанная в докладах акад. А. А. Чернышева и Н. Н. Крачковского.

Например, акад. А. А. Чернышев прямо указал на то, что систему Баума он считает сложной и не испытанной на практике, а поэтому отказывается от ее применения и решает, что всю сеть надо разрезать примерно участками в 400 км. Это и привело Н. Н. Крачковского к мысли разрезать линию передачи между Ленинградом и Москвой в Демянском узле.

Не мне спорить с акад. А. А. Чернышевым, но я бы хотел указать, что для Урало-Кузнецкого комбината был составлен проект, где расстояние между участками было 2—3 тыс. км, была расчитана устойчивость, которая вполне оправдалась.

Акад. Г. М. Кржижановский. Сам акад. А. А. Чернышев принимал в этом участие.

Р. А. Ферман. Этот расчет был проведен под руководством акад. Чернышева для напряжения в 380 кв.

Такой же проект был разработан в О. К. Б. под руководством А. А. Горева и при моем участии. Мы рассчитывали на 200 кв, и устойчивость запаса сохранялась.

Спрашивается, чего же опасаются акад. А. А. Чернышев и Н. Н. Крачковский. Сложности? Например, Московская и Ленинградская сети чрезвычайно сложны, и возможность параллельной работы внутри них конечно подвергается некоторым сомнениям. Там старые машины, без быстродействующих регуляторов и с целым рядом других недостатков, надежность их внутри-параллельной работы далеко не обеспечена. Разве мы испортим, если соединим две системы вместе и поставим промежуточные компенсаторы, как опорные точки, с быстродействующими регуляторами. Мне кажется, от этого сложность нисколько не увеличится, или если и увеличится, то на такой небольшой процент, что этого бояться не следует.

Что касается неиспытанности такой системы, как система Баума, то мне кажется, что ее испытывать особенно не приходится. Нечто аналогичное мы уже имеем. Ведь всякое объединение электрических станций вместе, хотя бы небольшой сети, представляет собою частичное осуществление идеи Баума, и каждая станция является опорным пунктом в системе Баума, давая соответствующую реактивную мощность.

Поэтому, мне кажется, при решении такой грандиозной задачи, как реконструкция Волги, мы должны смелее пойти на такое объединение. Акад. А. А. Чернышев сказал, что передача энергии из Самары

в Москву внушает опасение. Может быть к этому и не нужно будет прибегнуть, но проделать соответствующие технические подсчеты стоит, тем более, что к 1942 г. мы настолько одолеем технику, что система Баума нам абсолютно не будет страшна.

Акад. А. А. Чернышев. Прежде всего я должен коснуться того возражения, которое мне сделано акад. Г. М. Кржижановским; хочу отвести тот упрек, который мне сделан. Темой моего доклада были: «Высоковольтные сети в районе Волги». Поэтому на карте, демонстрированной во время моего доклада, были нанесены межрайонные сети, которые являлись объектом доклада (на карте они были изображены в виде линий лилового цвета), но мною, кроме того, были даны направления сетей, которые шли к другим районам (они изображены линиями черного цвета для того, чтобы оттенить их принадлежность к другим районам). Поэтому я не проводил всех межрайонных сетей Европейской части Союза, но их можно найти в моем докладе о Единой высоковольтной сети Союза, напечатанном в прошлом (1932) году в «Журнале Электромеханического института».

Далее мне был сделан упрек в том, что я не допускаю передачи энергии из Самары в Москву. Но ведь, товарищи, непосредственно переводить энергию с Самарской электростанции в Москву с требуемыми экономическими показателями нельзя, и потому я предложил другое решение. При непосредственной передаче энергии из Самары в Москву мы встретились бы с двумя требованиями: с одной стороны, для устойчивой работы необходима очень большая связь между электростанциями Московского узла с Самарским, т. е. очень мощные электропередачи; но это ведет к тому, что мы должны иметь выключатели такой разрывной мощности, которой современная высоковольтная техника еще не дала. Современные масляные выключатели допускают разрыв при мощностях в 2.5—3 млн. квт. Для того, чтобы удовлетворить возможности передачи энергии на более далекие расстояния, надо допустить, в расчете на дальнейший прогресс техники, разрывные мощности гораздо больших размеров, как, например, мы сделали при расчете по Урало-Кузнецкому комбинату. Это дает возможность передавать энергию на гораздо более далекие расстояния, особенно при применении 400 кв, как это было принято также для Урало-Кузнецкого комбината. Что касается до применения схемы Баума, то в тех же расчетах по Урало-Кузнецкому комбинату мы ее применяли при простых сетях, где можно было на основании расчетов иметь достаточную устойчивость. Если же мы обратимся к тем районам, о которых идет речь, то едва ли будет рационально воспользоваться простой схемой Баума; повидимому, схема Баума дает слишком сложное решение. В результате пришлось бы сделать межрайонные связи чрезмерно большой мощности, вследствие чего мощности современных выключателей, или тех, на которые можно расчитывать в ближайшем будущем, не хватило бы, поэтому то для возможности переброски энергии из Самары в Москву я предлагаю воспользоваться рядом энергетических узлов и осуществить эту передачу, перебрасывая из одного узла в следующий значительные мощности и расходуя эту мощность в районах, связанных

с этим узлом, мощность последнего узла передавать в следующий район. Такой сдвиг нагрузок позволит в случае нужды, особенно во время тяжелых аварий, перебрасывать большие мощности на значительные расстояния, в данном случае через район, но, конечно, как я указывал в своем докладе, для этого должна быть предусмотрена соответствующая коммутационная система. Предлагаемая мною система позволяет, не имея непосредственного соединения, о котором говорилось здесь, иметь такое же положение, как если бы такое соединение могло бы быть осуществлено. В частности, по отношению к Самарскому узлу соответствующей коммутацией на самой электростанции можно перебрасывать нужную мощность как на Северный Урал, так и на юг для орошения, так и на восток в сторону Челябинска и на запад по направлению к Москве.

Далее, еще одно замечание в связи с тем, что здесь говорил инж. Р. А. Ферман. Дело в том, что при серьезных авариях и при определенном расположении мощностей можно наблюдать качания в системах. Как на пример я укажу на аварию, которая имела место в Ленинграде 7 ноября 1932 г., когда в сети Ленэнерго возникло качание по отношению друг к другу систем Волховской и Ленинградской, продолжавшееся в течение 4 минут и кончившееся полным расстройством электроснабжения Ленинграда между 6 и 7 часами вечера. Почему это произошло? В связи с уменьшением нагрузки во время праздников, мощности работавших электростанций в Ленинграде и на Волховской электростанции были приблизительно одинаковыми, т. е. Ленинград в это время не имел той полной мощности, которую он обычно имеет и которой достаточно, чтобы держать в повиновении Волхов. Поэтому, когда произошел пробой кабеля на Званке и в результате короткого замыкания Волховская система стала замедлять свой ход, то Ленинградская система не смогла задержать ее, и в результате создались условия, позволившие получить качания, при этом то Ленинград без Волхов, то имелась обратная картина. Поэтому при расчетах устойчивости и проектировании энергоснабжения больших районов необходимо стремиться к тому, чтобы иметь в каждой системе центр с такой мощностью, которая держала бы в подчинении все остальные присоединенные станции.

В своем докладе я уже указывал на ту сложность, которая имеется в отношении выявления условий устойчивости работы в больших электрических системах. Ведь расчеты устойчивости возможны лишь в простых случаях. Когда же мы имеем дело с такими колоссальными системами, как те, которые будут сооружены на Волге, то неминуемо делать при расчетах ряд предположений, обоснование которых можно иметь лишь из наблюдений над построенными электрическими системами, с одной стороны, и над моделями систем, с другой стороны. В последнем случае, если исследования над моделями и не дают непосредственного ответа на вопросы устойчивости, они, однако, направляют мысль в отношении принятия таких решений, которые делают вероятной устойчивую работу тех колоссальных электросетей, о которых идет речь при реконструкции Волги.

В заключение я еще раз укажу на одно из последних положений, приводившихся в моем докладе, а именно, что чем скорее будет принята определенная схема электрификации всего Союза в целом, тем это будет лучше, так как проектировка районных сетей в своей конфигурации сильно зависит от той схемы, которая будет принята и без которой конфигурация межрайонных сетей носит очень ориентировочный характер.

Н. Н. Крачковский (*заключительное слово*). Позвольте ответить на несколько заданных мне вопросов.

Первый вопрос: почему представленная карта не соответствует общему плану электрификации? Я должен предупредить, что на карте изображена только частичка сети. Кроме того, я забыл упомянуть здесь о том, что набросок сети сделан на более близкий период. Крупные станции, которые появятся в районах Казани, Самары и ниже, под влиянием которых они окажутся, в сети не отражены. Поэтому эти отдельные районы представлены на карте как часть общего целого, и при составлении этой конфигурации я имел в виду, что в будущем они будут соединены и должны были бы гармонировать с общим целым.

Такая конфигурация соединения Москвы с Ленинградом — прямое соединение, которое, казалось бы должно дойти до Октябрьской дороги, по тем соображениям, которые здесь представлены, должна соответствовать общему узлу. Этот общий узел мы и связали бы прямым соединением Москвы и Ленинграда без возможности разъединить.

Принцип, который положен в основу и который акад. А. А. Чернышев подробно осветил, заключается в том, что при настоящем состоянии техники нам все-таки приходится итти на известное деление сетей. Это, повидимому, на ближайшую пятилетку неизбежно. При этом задачу мы должны объединить, а электрически мы можем разъединить, потому что это разделение обеспечит большую надежность в работе.

Поэтому в этом вопросе акад. А. А. Чернышев и я проявили осторожность, необходимую при теперешнем состоянии работы, с учетом имеющихся опытов.

На этом я заканчиваю.

Акад. Г. М. Кржижановский. Вы согласны с тем обстоятельством, что в будущем это разъединенная сеть приведет нас к диспетчерскому управлению электрохозяйством?

Н. Н. Крачковский. Да.

Председатель. Из дискуссии по трем докладам, которая была здесь, выяснилось с очевидностью, что вопросы, которые были затронуты сейчас, — вопросы первостепенной важности: высоковольтная сеть обеспечит, при всяком возможном расположении станций, рациональное использование, надежность и экономичность энергоснабжения районов. Поэтому резолюция по этим докладам должна быть составлена особенно внимательно. Я предложил бы для выработки проекта резолюции избрать бригаду в составе акад. А. А. Чернышева, В. Н. Глазанова, Н. Н. Крачковского, С. А. Кукель-Краевского и Р. А.

Фермана. Просьба принять во внимание соображения, которые были высказаны выступавшими в прениях. Я считал бы нужным обратить внимание на одно предложение В. Н. Глазанова: он говорит о необходимости рассмотрения вопроса о нормах для опор и широком произведении экспериментирования с деревянными опорами разной конструкции. Этот вопрос необходимо рассмотреть, тем более потому, что еще до сих пор многие инженеры возражают против деревянных опор. Мы с этими возражениями встречались еще, когда не было достаточных материалов в защиту деревянных опор, но эти возражения имеют место и сейчас при наличии этих материалов. Этот вопрос надо разъяснить.

Теперь перейдем к группе докладов по топливу. Слово принадлежит проф. В. Н. Шретеру.

В. Н. ШРЕТЕР (Энергетический институт)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ СССР

Мое сообщение носит несколько принципиальный характер и касается вопроса о перспективах использования горючих сланцев в СССР, в частности горючих сланцев Приволжского края.

Перспективы эти огромные. На основании колоссальных запасов сланцев, которые у нас имеются, найти и определить лимиты перспектив использования сланцев невозможно. Можно, однако, уточнить эти перспективы, если мы по-новому подойдем к сланцам.

Залежи сланцев в средних Нижневолжских районах настолько велики, что они представляют громадный интерес с точки зрения энергетических ресурсов и требуют скорейшего освоения.

Затруднения, встречающиеся при освоении сланцев, вытекают непосредственно из природы сланцев. В силу характера залегания этих сланцев мы имеем, по существу, дело с необыкновенно зольным веществом. Зольность колеблется в пределах от 50 до 70%. Кроме того, при такой зольности (другими словами, органическая масса этого сырья колеблется в пределах около 30%), мы встречаемся с переменной влажностью, колеблющейся от 5 до 20%. С точки зрения теплотехнического освоения сланцев это означает, что мы получаем здесь угли (если перевести на язык угля), влажность которых колеблется до 50%. При этом природа таких углей при колебании влажности от 5—6% до 50% настолько меняется, что сами приемы технического использования этого вида топлива становятся совершенно разными. В этих моментах, при высокой влажности и зольности, заключается трудность использования сланцев как таковых.

Тем не менее можно сказать, что эти трудности, благодаря произведенным работам, в настоящее время в значительной степени преодолены, и мы можем утверждать, что мы стоим накануне полного разрешения проблемы сжигания сланцев.

Чтобы не быть голословным, я укажу, что мы имеем в настоящее время ряд работ по сжиганию сланцев слоевым процессом на мощных

установках, на котлах, около 600—700 м², причем эти установк во время испытаний и при наладке этих испытаний работали десятк часов подряд. Таким образом, возможность использования сланце является доказанной. В настоящее время получены результаты пр слоевом сжигании на дисковых решетках проф. Макарьева и на мощ ных цепных решетках. Выяснилось, что эти решетки дали вполн удовлетворительные результаты.

Полученные результаты в целом могут быть охвачены следующе характеристикой. При переходе на сланцы, при использовании во все топках, мы имеем некоторое понижение мощности котла и мощност установки в целом. Это понижение может быть определено в пре делах 50%, т. е. мощность котельной установки при переходе на сланцы падает, примерно, в два раза.

Успехи, достигнутые в отношении пылевидного сжигания, могут быть охарактеризованы, примерно, такими же цифрами. Мощности установки соответствующим образом снижаются против использования полноценных видов топлива.

Но это обстоятельство не должно нас смущать, так как технически использование сланцев вполне возможно. Если же мы обратим внимание на другую сторону дела, то здесь вопрос обстоит не совсем благополучно. На основании произведенных опытов определенно доказано, что сланцы являются топливом, и предполагается правительственное решение о переводе ряда соответствующих установок Приволжского края, главным образом, на этот сланец.

Затруднения, которые нужно предвидеть и на которые сейчас не обращают достаточно внимания, заключаются в следующем.

Если мы возьмем сланцевую установку на теплоэлектрической станции мощностью примерно 20—25 тыс. квт, т. е. очень небольшую по современным нашим масштабам, то для непрерывной работы такой станции при указанной мощности придется подавать сланца примерно около 4—5 вагонов в час; это значит, что в сутки придется подавать от 80 до 100 вагонов. Вывоз шлаков из пределов котельной такой мощности, при слоевом процессе, будет итти примерно в таком же количестве вагонов, потому что объем золы мало уменьшается. При сжигании сланца в пылевидном состоянии придется удалять несколько меньшее количество шлаков на том основании, что очень серьезный процент при 80 или 100 вагонах в сутки, примерно около 10 вагонов, полетит через дымовую трубу.

Мне кажется, что эти перспективы являются определенно тупиковыми, потому что, если мы, расчитывая на наш современный транспорт, будем соблюдать такое задание, т. е. подавать такое количество сланца к станции, то ясно, что мы перегрузим транспорт, и данная станция из-за этого не сможет регулярно работать.

В результате этой трудности, которая меня страшит именно потому, что при нашем желании использовать сланец мы можем завести себя в тупик, я считаю, что на эту сторону необходимо обратить самое серьезное внимание и круто повернуть в проводимой нами сейчас исследовательской работе.

К чему же должен свестись этот поворот? Из приведенного мною примера видно, что использование сланцев связано с перегрузкой транспорта. Поэтому если мы хотим использовать сланцы, то нужно обойтись без железнодорожного транспорта, и в практике электрификации нашей страны мы имеем для подобного случая вполне подходящий пример — при освоении торфа, где торфоцентрали переведены на торфяные болота, так что все хозяйство замыкается в себе и совершенно не нуждается в загрузке железнодорожной сети. Очевидно, что и при таком малоценном топливе, как сланец, мы должны придерживаться такой же тактики.

Поэтому прежде всего необходимо наметить точки использования сланцев. Заранее можно сказать, что точки будут находиться в соответствующих местах, близко к местам добычи, потому что перевозка сланца невозможна по указанным мною соображениям.

С другой стороны, самый характер установки, которая в результате у нас получится, будет не тот, с которым мы имеем дело в обычных условиях.

Ведь совершенно ясно, что при таких количествах отбросов, которые получаются при сжигании сланца, мы должны поставить вопрос об утилизации этих отбросов. К счастью, в отношении сланцев имеются совершенно определенные указания, что очаговые остатки сланца представляют материал, который может получить большое употребление в качестве строительного материала и т. п. Проф. М. Н. Савчук только что показывал мне кирпич из сланцевой золы достаточно твердый, — на подобных кирпичах можно будеть поставить довольно прочное основание для соответствующего использования сланцев; но этот кирпич и его твердость еще не решают проблемы, потому что из всей ценной золы на изготовление такого хорошего кирпича пойдет не больше 50% золы. Остальное будет рассеяно, или пропадет по той причине, что в силу требований теплотехников и энергетиков придется сжигать сланец не так, как это желательно строителям.

С точки зрения теплотехники, одним из методов, который дает наиболее удачное разрешение проблемы использования сланцев, является метод газификации с жидким шлакоудалением. Работы по этому методу проведены сейчас в весьма примитивной форме. Я считаю, что их нужно форсировать самым энергичным образом. В Ленинграде, на заводе Молотова, удалось самым примитивным способом, в вагранках, сжигать сланец с жидким шлако-удалением, причем оказывается, что форсировку при сжигании сланцев таким методом удается повысить до 3 млн. калорий на 1 м^2 против тех нормальных 500—600 тыс. на 1 м^2, которые присущи обычному слоевому сжиганию. Если иметь в виду колоссальную громоздкость, которая вытекает из таких малых нагрузок, то метод, дающий нам такую энергетическую переработку сланцев, является методом чрезвычайно много обещающим. Для строителей, однако, этот метод является чрезвычайно болезненным, потому что он выдает шлаки в совершенно жидком виде, перешедшими через высокие температуры. Опыты, которые

были проделаны над шлаками, полученными в результате этого процесса, показали, что при этом процессе получается соответствующий остаток, который дает очень слабые вяжущие свойства. Масса, которая получается в результате отливки шлака, оказывается чрезмерно хрупкой.

Значит ли это, что мы должны противопоставить этот метод непосредственно интересам строителей. Я думаю нет. Это значит только, что над этим вопросом нужно соответственным образом работать с определенной целеустремленностью и по общему научно-исследовательскому плану.

Акад. Г. М. Кржижановский. С узким оптимумом решения.

В. Н. Шретер. Совершенно верно. В связи с этим я считаю и хочу использовать сегодняшний доклад вот с какой целью. Опыты, которые уже ведутся и которые внесли много ясности в этот вопрос, представляют по существу много весьма интересных научно-исследовательских данных по использованию сланцев. Для того, чтобы эти данные превратить в стройный материал, который можно было бы использовать для решения сланцевой проблемы (а таким путем, какой был до сих пор, сланцевая проблема не будет решена, хотя бы нам завтра 10 или 100 установок удалось бы перевести на сланец), необходимо все работы отныне подчинить определенному плану. Необходимо наметить определенные возможности использования этого сланца, наметить те точки, где этот сланец будет использован и определить характер (технический характер) этих точек для использования сланца. Только тогда мы справимся со сланцевой проблемой, которая до сих пор остается в области теплотехники и энергетики проблемой, от которой все отмахиваются.

А. Н. ШИШОВ (содоклад)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ СССР

В Поволжьи, в связи с реконструкцией Волги, можно наметить из всех месторождений сланцев два, которые обладают большими возможностями с точки зрения энергетического и химического их использования, это — Кашпирское месторождение около Сызрани и Общесыртовское в Заволжских степях, в 200 км от берегов Волги. Кашпирское месторождение находится в весьма благоприятных географических условиях; оно благоприятно с точки зрения качественной и количественной характеристики сланцев, и, наконец, высокая ценность остающейся золы, как вяжущего материала, не оставляет как будто в настоящее время сомнений.

На Кашпирском месторождении возможно сооружение электроцентрали (в виде ТЭЦ) на 80—100 тыс. квт и Химкомбинат с перегонкой при низких температурах 1 млн. т сланца, главным образом в направлении получения жидкого топлива. Кроме того, при использовании кашпирских сланцев необходимо учитывать остающуюся

золу. При содержании золы в 500—600 кг на тонну слапца можно будет, при концентрированном использовании сланцев, уловить приблизительно до 450 кг. Используя эту золу, будет возможно поставить производство кирпича, цемента и т. п. продуктов.

Но все же на Кашпирском месторождении мы имеем сравнительно ограниченные запасы и соответственно этому наметили ограниченные масштабы производства как по генерированию энергии, так и по производству химических продуктов.

Более мощным месторождением является Общесыртовское, где геологи исчисляют приближенно запас сланцев в 7 млрд т. Качество общесыртовских сланцев также высокое, но здесь отсутствуют те благоприятные географические условия расположения месторождения, которые характерны для Кашпирского месторождения.

Акад. Г. М. Кржижановский. Нет ли там какой-нибудь реки, которая обеспечивала бы сообщение с системой Волги.

А. Н. Шишов. К сожалению, нет.

Акад. Г. М. Кржижановский. Не поднимали ли Вы вопрос о том, что тут будет ирригационная сеть, и не можем ли мы использовать ирригаторов с тем, чтобы создать водный путь на Волгу?

А. Н. Шишов. Я коснусь этого вопроса.

Мы полагали, что на базе общесыртовских сланцев возможно будет сооружение электроцентралей от 200 до 400 тыс. квт и Химкомбината с переработкой швелеванием 3 млн. т сланцев также, главным образом, в направлении получения жидкого моторного топлива. Правда, газификация сланцев в газогенераторах представляет собою весьма заманчивое дело, с точки зрения получения огромных количеств газа, но отсутствие сколько-нибудь достаточных материалов затрудняет в настоящее время делать даже приблизительные прикидки и расчеты. Поэтому мы допускаем, условно, в нашей работе вариант швелевания, оставляя в дальнейшем исследовательским работам решать целесообразность осуществления того или иного метода.

Далее мы полагали, что весь комбинат будет целесообразнее располагать у Волги, в районе Самары, так как такое размещение способно облегчить самый процесс строительства, водоснабжение таких водоемких предприятий, как электроцентраль, а также избежать затрат и потерь при передаче электроэнергии и при транспорте золы.

Акад. Г. М. Кржижановский совершенно справедливо указывает, что ирригаторы здесь могут подвинуть воду ближе к месту разработок сланца, но, тем не менее, все те выгоды, которые я перечислил, склоняют к тому, чтобы сланец тянуть к берегам Волги.

Однако нужно подчеркнуть здесь, что степень эффективности эксплоатации общесыртовских сланцев и сооружение этого гигантского Химкобината будут в значительной мере зависеть от тех свойств, которыми будет обладать зола общесыртовских сланцев, как вяжущий материал, как база для производства строительных материалов. Прочных анализов и данных испытаний золы общесыртовских сланцев, о вяжущей ее силе, на сегодня мы не имеем. Эти анализы и испытания надо еще срочно делать. Экстраполировать же результаты, полу-

ченные по золе других сланцевых месторождений Поволжья (например, Кашпирского, Савельевского) ни в коем случае невозможно, ибо состав золы, качественно и количественно, резко варьирует по отдельным месторождениям, хотя и родственным по своему генезису. До сих пор мы располагали двумя анализами золы общесыртовских сланцев. Эти анализы носят достаточно случайный характер, но в то же время они показывают, что зола общесыртовского сланца не будет обладать самостоятельными вяжущими свойствами.

Если верить анализам, такая зола может быть использована в мелко-измолотом виде как гидравлическая добавка. Перемалывая ее и перемешивая совместно с известью-пушонкой, можно создать производство известково-пуццоланового цемента, или, смешивая золу с портланд-цементом, можно будет производить пуццолановый портланд-цемент, или, наконец, можно частично золу использовать как теплоизолятор и как дополнитель в изготовлении тепловых бетонов.

Однако вопрос о золе при указанном способе ее использования упирается в ограниченность ее транспортабельности, а следовательно и в сравнительно ограниченную возможность размещения тех огромных масс золы, которые сопровождают эксплоатацию сланцев. Некоторые полагают, что недостающие элементы в золе легко можно пополнить, например прибавляя к шихте, и тем самым все-таки добиться получения цемента и т. п. материалов. Однако этот путь исправления пороков золы связан с большими затратами, а главное с резким понижением теплотворной способности сланцев, с чем вряд ли можно мириться.

Таким образом, этот вопрос размещения золы является вопросом колоссальной важности, ибо от его решения будет в значительной мере зависеть степень эффективности эксплоатации общесыртовских сланцев.

Но этим далеко не ограничивается сложность проблемы. Анализы золы общесыртовскнх сланцев, которые я имел в виду, были получены от сжигания кускового сланца. Сжигание же в куске, как известно, сопряжено с большими потерями и малым паросъемом. Поэтому теплотехники для работы со сланцами при мощных котлах имеют тенденцию перейти на пылевидное сжигание сланцев, с улавливанием золы в летучем состоянии и жидким шлако-удалением. Однако силикатчики указывают нам, что материалов, характеризующих вяжущие свойства пылевидной золы, почти нет, а тем более нет в отношении Общего Сырта. Имеются только скорее намеки, но эти намеки свидетельствуют о потерях вяжущих свойств такой золы.

Что же касается получаемой золы в виде жидкого шлака, то все проведенные опыты с жидким шлаком, полученным от гдовского, веймарнского и кашпирского сланцев, до сих пор дали негодный материал для применения его как вяжущего вещества

Открывающаяся возможность использования жидкого шлака для производства литых кирпичей не имеет у нас за собой сколько-нибудь достаточной технологической и экономической изученности.

Совсем недавно в Москве, на совещании по волжским сланцам, где я делал доклад, мне поставили в вину мою излишнюю осторожность по отношению к золе общесыртовских сланцев. Теперь я могу твердо сказать, что в этом вопросе еще многое неясно и что категорические утверждения об использовании золы в том или ином направлении — преждевременны, что надо срочно еще продолжать исследования по сланцам, в частности по золе, чтобы сдвинуться, наконец, с той мертвой точки, на которую попала сланцевая промышленность.

Я полагаю, что необходимо всячески поддерживать идею В. Н. Шретера о подчинении единому плану исследовательских работ.

При этом необходимо в первую очередь, совершенствуя устройства по сжиганию сланцев, ставить анализы и исследования с золой сланцев Поволжья, в частности общесыртовских, при различных условиях сжигания. Ибо, повторяю, от результатов и успехов применения золы будет в значительной мере зависеть решение сланцевой проблемы Поволжья. А то до сих пор часто блестящие догадки в области использования сланцев, не подтвержденные опытом, многим ослепляли невооруженный глаз, особенно с далекого расстояния.

ПРЕНИЯ

Председатель. Позвольте открыть обмен мнений по докладу проф. В. Н. Шретера и А. Н. Шишова. Слово имеет проф. М. Н. Савчук.

Проф. М. Н. Савчук. Проф. В. Н. Шретер указал на наиболее эффективный метод использования сланцев — это газификация. В этом случае мы, строители-силикатчики, можем использовать блестящий опыт Франции. Вопрос газификации сланцев прекрасным образом разрешен во Франции, именно методом работы газогенераторов. Все Франко-бельгийское общество стеклоделов перешло на такие генераторы и получает нужный для заводов газ и не золу из генераторов, а плавленый цемент. Что касается химического состава сен-этьенских сланцев, то они близки по составу к волжским. Литературный материал по этому вопросу имеется в нашем распоряжении, и я думаю, что использование золы не встретит больших затруднений.

Вопрос о газификации сланцев возник только в недавнее время (в ближайшие два-три месяца), а вопрос о сжигании сланцев ставится уже на протяжении 16 лет, и до сих пор «воз и ныне там». Мы работали очень долго в лабораторных условиях над сланцами. Этим вопросом занимался В. А. Кинд. Затем была создана целая комиссия по сланцевой золе. Был проведен ряд научно-исследовательских работ, которые показали, что всякую золу всевозможных сланцев можно использовать как строительный материал. Одна зола может годиться как самостоятельное вяжущее, другая — может быть материалом для плавленых каменных конструкций и т. п.

Если говорить о сжигании сланцев в естественном состоянии на пылевидных установках, которые имеются в Саратове, то перевод станций Самарской и Саратовской на сланцы был разрешен в резуль-

тате опытного сжигания сланцев в пылевидном состоянии на СарГРЭ(в 1931, 1932 и 1933 гг., а вопрос о возможном использовании этої золы в Саратове и Самаре разрешелся уже не в лабораторных, а за водских условиях на самарском и саратовском силикатных заводах

В Самаре сланцы сжигались в примитивных топках, на мартен № 6. Зола провалялась два года в отвале, и только примерно в ма 1933 г. было постановлено произвести заводские опыты на предме определения возможного использования золы в заводских условиях На Самарском заводе № 1 из этой золы было изготовлено несколь тысяч штук кирпича, который оказался лучше и дешевле силикатного Что касается пылевидного сжигания, то вопрос решается проще: ни какой золы вывозить со станции не приходится. Пылевидная зола и циклонов передастся на завод, изготовляющий кирпич, пневматически транспортом, а зола из зольников — скребковыми транспортерами Мы можем иметь кирпич как из чистой золы, так и с различным наполнителями. Кирпич, приготовленный из одной золы, дает 160 к прочности на сжатие. По стандарту кирпич должен давать 120 кг Если взять золу с прибавлением 20% песка, то прочность повы шается. И когда мы брали 50% золы и 50% песка, то прочность кирпич получалась 260 кг, т. е. больше, чем двойная, и, наконец, мы готовил кирпич, где воды было 20%, а песка 80%, и получили кирпич став дартной прочности. Если принять во внимание, что объемный ве этого кирпича равен от 1.3 до 1.5, то будут совершенно очевидны ег преимущества не только перед силикатным или красным кирпичом но и перед всеми видами такого бетона.

Как видите, тут нет нужды вывозить золу, а вывозить высоко качественный продукт, конечно, рентабельно. Вопрос в этом отноше нии можно считать в данный момент совершенно разрешенным.

Кроме кирпича возможно изготовлять портланд-цемент, камен ное литье и шлаковую вату и т. д., т. е. найти более рентабельно применение, если это понадобится. Мы знаем как использовать золу но это совершенно недостаточно для того, чтобы сказать, что задач использования сланцев разрешена.

Что касается работы станции на сланцах, то мы имеем сжигани сланцев с 5 ноября в продолжение 50 часов. Мы имеем 19 т на коте в 600 м², т. е. больше 30 кг пара на 1 метр п. н. котла. Мы работали на тех же котлах, которые были установлены для штыба почти бе переделки, и дальнейшими опытами думаем установить возможност получения 50 кг пара на 1 м² площади нагрева котла.

Если бы мы говорили о больших масштабах сжигания сланцев то все равно, будут ли сжигать все в пылевидном состоянии ил в генераторах и т. п., везде получится огромное количество золы, которую игнорировать ником образом нельзя. Я считаю, что концентрировать установку нет необходимости. Допустим, мы получаем 10 млн. т золы. Чему это эквивалентно? Скажем, мы сделаем из этого 1 млрд. штук кирпича. Это будет количество, которое будет потреблено Волгой, в случае осуществления громадного проекта. На 1 млрд. штук кирпича мы используем 3 млн. т золы. Остается еще 7 млн. т. Из этих

7 млн. т можно приготовить такое же количество портланд-цемента, или же можно получить всевозможные виды цемента для гидротехнических сооружений. В этом направлении у нас работа проделана. Таким образом, зола сланцев является не балластом, а весьма важным стройматериалом. Мы увидим, что всякая тысяча кирпича, которая будет изготовлена на Средней и Нижней Волге из обычного сырья, должна будет обойтись меньше 60—70 руб. в ценах 1932 г. Если же будем пользоваться для этой цели золой сланцев и перенесем всю стоимость топлива на золу, то мы будем иметь кирпич по 40 руб. за тысячу, а топливо-составляющую на 0. Цена сланца в настоящий момент 13 руб. 70 коп. Цена сланца будет не больше 7 руб. франко местосжигание. Никаких споров по этому вопросу ни у кого не возникнет.

Отсюда заключение, которое вывел В. Н. Шретер, было бы правильно только в том смысле, что вопросы сжигания сланца растеклись по массе русел и что нет руководящего центра, который бы объединял все научно-исследовательские работы в этом направлении. Отсюда вывод ясен: надо создать такой центр.

Я взял слово в этом собрании именно с целью предложить ЦС НИТО приложить свои силы на проработку этого вопроса, а, во-вторых, предложить объединиться в одном центре всем организациям, работающим в этом направлении. Мне кажется, что этим единственным центром может явиться Академия Наук.

Что касается замечения акад. Г. М. Кржижановского относительно сочетания наших работ с гидро-энергетикой, то этот вопрос, конечно, может быть разрешен в положительном смысле. Опыт такой работы был сделан, работа сейчас имеется у Г. М. Кржижановского и еще в марте 1931 г. передана в ГИДЭП. Под моим руководством в этом месте работала большая бригада и я позволю себе утверждать, что здесь можно получить почти неограниченное количество энергии по ценам не выше, чем дают гидростанции. Встав на этот путь, мы разрешим грандиозную проблему, о которой очень много говорят, — проблему сланцев и сможем получить огромные количества энергии и прекрасных и дешевых строительных материалов, что даст возможность несколько быстрее осуществить все начинания по реконструкци Волги. Вот примерно наш взгляд на это дело.

Для порядка я бы хотел сказать так. По наметкам нам нужно будет ежегодно 500 млн. штук кирпича. Для этого нужно будет построить по крайней мере 50 заводов, мощностью на 10 млн. штук каждый. Это большие заводы, почти гиганты. Каждый из них стоит 2 млн. руб., чего совершенно не нужно при использовании сланцев.

Возьмите такое положение: нужно построить 50 заводов, затратив на это 100 млн. руб., причем на этих заводах должны работать 30 тыс. рабочих.

А затем это можно заменить так: 500 млн. штук кирпича можно получить на станции мощностью всего в 200 000 квт. Постройка таких станций уже предполагается. Значит там эта постройка совершенно не нужна и рабочих будет уже не 30 тыс., а максимум 4 тыс. чел.

Акад. Г. М. Кржижановский. Кирпич там уже не придется использовать.

М. Н. Савчук. Ну, если не кирпич, то нужно иметь бетон, а для него нужен цемент и опять будет то же самое. В этом случае затраты снижаются в 10 раз.

Вот каково значение освоения сланцев.

Кроме того, до того времени, когда будет приступлено к постройке гидростанций, на Волге невозможно обойтись без станций, работающих на сланце.

И поэтому volens-nolens пока что существующие в Саратове и Самаре станции на сланец перейдут неизбежно, а раз они перейдут на сланец, то наше дело провести ряд наблюдений для того, чтобы спроектировать большие электростанции на сланце.

Налетов. Средневолжские организации уже около трех лет имеют дело с внедрением сланцев. Я бы хотел поделиться нашим небольшим опытом в этом отношении. Мы, конечно, прекрасно понимаем, что сланцы являются весьма интересным местным топливом и что в связи с огромным их количеством и географическим расположением как раз в районе Большой Волги, недалеко от Самарской Луки, они должны иметь крупнейшее значение для всей проблемы Большой Волги. Однако в данный момент со сланцами дело очень не ладится.

Обычно когда этот вопрос обсуждается, начинаются разговоры примерно того же типа, что и сегодня. Теплотехники заявляют, что мы проблему сжигания разрешили вполне, но вот, к сожалению, использованию сланцев мешает вопрос использования золы. А силикатчики заявляют: зола это простое дело, мы найдем куда ее деть, но, к сожалению, теплотехники не умеют сжигать сланец и дают плохую золу. В силу этого проблема до сих пор не разрешена.

В результате происходит следующее. Нам пришлось на Средней Волге законсервировать Захарьевско-Ундорские рудники, которые работали уже давно, и остались одни Кашпирские рудники. Половина добычи Кашпирских рудников лежит на берегу. Новая шахта на 1 млн. т мощности не может быть полностью использована. Имеется целый ряд правительственных постановлений о переводе Самарской электростанции на сланец, имеющих давность уже около полутора лет, а Самарская станция до сих пор работает на нефти. Правда, на 1934 г. запроектирован перевод на сланец, но, вероятно, и в 1934 г. этого не будет сделано.

Мы получаем ряд жестких центральных распоряжений: снять с нефти и перевести на сланец; нас с нефти действительно снимают, но мы не можем перейти на сланец, потому что хотя и есть ряд успешных опытов сжигания сланца в течение 10—20—50 час., но когда дело доходит до проектирования крупных топок под крупными котельными установками, то ни один проектировщик не берется проектировать такую апробированную топку, на которой можно было бы строить электростанцию. Таким образом, научно-исследовательская работа по этой части далеко не окончена. Я бы сказал, что по вопросу о сжигании сланцев под котлами больших масштабов про-

ведение научно-исследовательских и опытных работ в больших масштабах это сейчас — очередная и важнейшая задача.

Правда, мы имеем сведения, что Саратовская ГРЭС провела такую работу и с 1 января 1934 г. она перейдет на сланец. Если это так, то дело сдвинется с мертвой точки, но пока, я повторяю, у нас в больших масштабах на сланец нельзя перейти. Правда, мы имеем такие мелкие установки, как бани и т. д., а также промышленные печи на известковых и кирпичных заводах, но не это решает проблему.

Что касается вопроса об использовании золы, то здесь мы опять-таки слышали от проф. Савчука, что все вопросы решены. Нам кажется, что это слишком оптимистическое заявление. Не могу также согласиться с пессимистическим заявлением одного из оппонентов, что из золы де вообще ничего сделать нельзя. Следует отметить, что только в 1933 г. на Самарском силикатном заводе опробована зола кашпирских сланцев на изготовление силикатного кирпича. В первой стадии эти опыты надо признать удачными. Я бы не сказал, что эти опыты закончены, но вопрос изготовления кирпича из золы кашпирских сланцев в первой стадии является, как будто, разрешенным.

Должен возразить тов. Савчуку, что ведь вопросы изготовления и транспорта кирпича лимитирует не только техника, но и экономика, не только то, годится ли на кирпич зола, наконец, не только то, является ли этот материал материалом будущего, настоящего или прошлого, но основное — это граница его распространения. Нельзя изготовить, как указал проф. Савчук, 500 млн. штук кирпича в Кашпире и развозить его по всему Союзу. Количество кирпича, которое можно изготовить в любой точке Средневолжского края, жестко лимитируется зоной его распространения, ибо на протяжении 150—200 км он встретится с другим основным материалом, гораздо более дешевым, ибо сланцевый кирпич на этом расстоянии будет нести транспортные издержки; следовательно, из золы возможно изготовить какое-то ограниченное количество кирпича.

Поэтому следующая важнейшая задача по использованию сланцевой золы это применение ее для других целей — как вяжущего вещества, как извести и на цемент. Мне кажется, нельзя сказать, что дело решено для такого освоения золы. Произведены были отдельные опыты, которые дали интересные результаты. Эстония готовит из сланцевой золы цемент. Но у нас вы не назовете ни одного цементного завода, который бы в промышленном масштабе, систематически, перешел на сланцевую золу как на материал. Мы знаем это по работе нашего Сенгелеевского цементного завода, который второй год переходит в плановом порядке на сланцевую золу. Сланцевое топливо есть вместе с тем присадка к цементной шихте сланцевой золы.

Значат ли все мои замечания, что сланцы не годятся? Ни в коем случае. Волжские сланцы представляют очень интересную и важную часть всей проблемы Большой Волги, проблемы местного топлива и пр. Но, к сожалению, приходится констатировать, что в данный

момент основной задачей является опытная заводская работа, объединение усилий, увязка работы теплотехников и силикатчиков, увязка различных кустарных опытов в единый научно-исследовательский опытный план, после чего только можно будет сказать, что сланцевая проблема действительно в массовом масштабе сдвинулась с места.

В. А. Кинд. В. Н. Шретер в своем последнем тезисе, по моему, очень хорошо подчеркнул, что вопрос об использовании горючих сланцев он рассматривает как вопрос комплексного использования сырья, т. е. он должен решаться подобно всем вопросам использования того или иного полезного ископаемого. Следовательно, только в том случае теплотехники могут использовать сланец как топливо, когда технологи дадут указания, как может быть использована та зола, которая всегда в огромном количестве получается при сжигании сланца. Здесь нельзя говорить о золе как отбросе, но нельзя и увлекаться, как М. Н. Савчук, заявивший, что зола будет основным продуктом, а энергия будет отбросом.

Этот вопрос, конечно, не новый. Всегда и за границей, когда поднимался и сейчас поднимается вопрос об использовании сланцев, прежде всего так или иначе разрешали вопрос об использовании золы. Я могу привести несколько примеров. В Вюртемберге сланец содержит до 70% золы. Только тогда стали использовать сланец для получения городского светильного газа, когда начали употреблять золу как сырье для получения кирпича. В США, в Германии, Сирии и Австралии этот вопрос был разрешен таким образом, что из золы получали или кирпичи, или цемент; или как-нибудь ее иначе использовали, и только после того сланец мог быть использован как топливо. В Австралии дошли даже до того, что там стали сжигать сланцы в их месторождении, получая хороший цемент. Этот вопрос у нас в России, а затем в Союзе, поднимался еще в 1916 г. М. В. Кирпичев хорошо помнит комиссию по топливу в военное время, которая занималась этим вопросом. И вот, примерно с 1916 г. одновременно возник вопрос об использовании сланцев на топливо и об утилизации остающегося огромного количества золы. Я помню, что в Сланцевом комитете северного района и в Управлении сланцевой промышленности в Москве, и в Госплане, всегда мы считали, что вопрос об использовании золы является вопросом решенным. Все дело только в том: как использовать золу того или иного месторождения сланцев.

Дело тут сводится к тому, что химический состав сланцев очень сильно колебался, при этом колеблется состав сланцев не только разных месторождений, но и одного месторождения. Так, например, зола эстонских и веймарнских сланцев содержит до 50% окиси кальция, а зола средневолжских и нижневолжских сланцев до 20% окиси кальция. Таким образом, в зависимости от химического состава и от химических свойств золы ее свойства как вяжущего вещества будут совершенно различными. Если зола веймарнских и гдовских сланцев может быть использована как вяжущее вещество, то этого отнюдь нельзя сказать про все сланцы.

Если обратимся к сланцам волжским, то ожидать, что зола этих сланцев будет обладать высокими вяжущими свойствами нельзя. Она будет, может быть, цементом, но при этом никак нельзя рассчитывать на то, что этот цемент будет хорошего качества. Но в то же время, при исследовании химического состава общесыртовских сланцев, оказалось, что они содержат 50% кремнекислоты. Если это так, то они могут быть использованы как гидравлическая добавка, что для проблемы Волго-Каспия наиболее интересно. Можно совершенно определенно сказать, что если зола сланцев, как цемент сам по себе, не будет обладать вяжущими свойствами, то она может быть использована для пуццоланового портланд-цемента.

Я должен сказать, что когда инженеры строят грандиозные гидротехнические сооружения, то им не уйти от пуццоланового портланд-цемента, потому что портланд-цемент не пригоден здесь, и если мы будем иметь хорошую гидравлическую добавку в виде сланцевой золы, тогда мы получим источник добывания пуццоланового портланд-цемента.

Конечно, необходимо сразу же признать, что тут будут влиять и условия сжигания в кусковом виде и в пылевидном состоянии. Я могу сказать, что опыты, произведенные Ленинградским Теплотехническим институтом года два тому назад в отношении изменения толщины слоя сланца на решетке и напряженности колосниковых решеток, уже определяют свойства золы как вяжущего вещества. Изменение условий охлаждения также влияет на качество золы.

Сжигание в пылевидном состоянии В. Н. Шретер нарисовал в довольно мрачных красках; можно даже представить, что целые районы будут засыпаны, подобно Помпее. Но это не так страшно. Это уже дело теплотехники изобрести удовлетворительный способ сжигания. В пылевидном состоянии сжигаемый веймарнский сланец дал довольно хорошее вяжущее вещество. Что касается плавленой золы, то здесь мы имеем недостаточно радужные перспективы. Эта зола едва ли найдет широкое применение. Для каменного литья, конечно, можно приготовить отдельные штучные камни. М. Н. Савчук ссылался на опыт Франции и сказал, что там получается высококачественный цемент. Это не тот цемент. М. Н. Савчук указал, что по химическому составу цемент этот близок к составу золы савельевских или общесыртовских сланцев.

Пути использования сланцев чрезвычайно велики. Можно получить достаточно высокое по качеству вяжущее вещество, получить хороший материал в качестве гидравлической добавки, хорошего качества кирпичи, и, наконец, можно использовать золу в качестве каменного литья. Дело технологов найти пути использования золы, но каковы эти пути — сказать заранее весьма трудно. Прежде всего необходима геолого-химическая характеристика месторождения, химическая характеристика сырья. Следует отметить, что в этом направлении была произведена колоссальная работа, однако настолько разрозненно, что трудно сделать какой-либо вывод. Я хочу только указать, насколько широки виды использования сланцев.

Акад. Г. М. Кржижановский. Мне приходится выслушивать доклады работников в этой области уже в течение более десяти лет. Я жалею, что у нас плохо представлено крыло химии; оно бы указало, что никуда не годны и вы — теплотехники, и вы — силикатчики.

Теперь наша практическая задача заключается в том, чтобы дать сдвиг этому вопросу, причем мне кажется совершенно ясным, что установка принята правильная. Нужно воспользоваться силами Академии и силами инженерства. Здесь высказывался представитель НИТО. Мы хотим привести в движение 100 000 инженеров. Если они сплотятся с Академией Наук, то это будет огромная сила. В этом аспекте мы и должны обсуждать те мероприятия, которые необходимы для того, чтобы сдвинуть это дело. Основной тезис проф. В. Н. Шретера мы будем поддерживать.

Мне кажется, что можно добавить еще один момент: мы всячески пытались до сих пор поставить сланцевую проблему. Были попытки химиков, теплотехников, есть развертывающиеся попытки силикатчиков, доказывающих, что для сланцевой промышленности создан центр. И, однако, несмотря на все отдельные попытки, вопрос стоит на том же месте, что принимает угрожающий характер. Если на основании рассуждений отдельных групп посадить Самару, Саратов, Горький на сланцевый паек, то они скоро окажутся в трагическом положении, но не потому, что мешает наш транспорт, который так перегружен. Мне кажется, что единственный путь это, с одной стороны, образование упомянутого мною центра, а с другой — реальная смычка этого центра с работами по проекту Большой Волги по тем требованиям и директивам, которые вытекают из существа этого проекта.

Что мы можем вывести как непреложное положение из нашей общей дискуссии? Совершенно ясно, что в перспективе неизбежно огромное гидро-электрическое строительство, в котором нуждается вся страна. Это гидро-электростроительство более десятка лет будет осуществляться. А что же делать в это время энергетике Волги, при отсутствии разрешения двух основных проблем: и транспортной, и энергетической? Мы должны перед всей страной подчеркнуть и показать, что бьем тревогу на основании научного подхода к совокупности проблем, разрешение которых лежит на нас как на гражданах, экспертирующих это строительство.

Надо прямо сказать, что среди всех энергетических районов здесь мы имеем великую артерию страны — великий центр нашего крестьянского населения, связывающий нас с необходимостью дальнейшего подъема районов Нижней и Средней Волги. И мы констатируем, что нынешнее положение прорыва в народно-хозяйственном подъеме этих важнейших районов находится в прямой и непосредственной связи с отсталостью энергетических баз. Эта отсталость энергетической базы может и должна быть ликвидирована в ближайший срок.

Теперь позвольте сделать некоторые выводы из того, что мы слышали здесь по линии сланцевой проблемы. Первый обмен мнений

показывает, насколько много во всех ее разрезах работы и как много дела по каждому из этих разрезов не доведено до конца. Теплотехники говорят нам, что такие-то опыты ими проделаны, но что крупной установки они проектировать не могут, так как нет де достаточных материалов.

Сланцевики нам заявляют, что необходимо проделать еще такую-то серию работ и представляют счет: такие-то лаборатории, такие-то приборы им необходимы. И правы, что представляют. Речи химиков мы также слышали и хорошо с ними знакомы.

Следовательно, прежде всего нужно отпустить, не жалея, средства, чтобы дать толчек в работе по всем этим линиям, затем составить вполне определенные планы и вести по ним работу.

Но во всей этой проблеме важно, прежде всего, найти ленинское звено так, как это умел находить Владимир Ильич, взявшись за которое можно вытянуть всю цепь. Необходимо найти это звено, минуя все частности проблемы. В чем заключается это звено? Нам необходимы сланцевые электроцентрали. Но мы можем их строить, только включая их в систему определенного комбинирования промышленности. Если мы начинаем строить электростанции, не взвешивая, не принимая во внимание специфики народно-хозяйственного комбинирования, которую эта постройка должна немедленно оживить, то, значит, мы занимаемся только ползучим эмпиризмом. С этой точки зрения первой основной задачей является наметка типа сланцевой электроцентрали в условиях Нижней и Средней Волги.

В свете проблем, которые перед нами стоят в связи с разрешением проекта Большой Волги, ясно, что для нас важнее всего вяжущее вещество. И тут прежде всего надо сказать: давайте нам огромное количество надежных гидравлических веществ, тут же на месте, где будут гидротехнические работы на Волге.

Теперь представьте себе всю эту сеть ирригации. Без каналов, водоприемников, бассейнов вы не обойдетесь. Надо подсчитать, какой заказ они делают стране. Прежде всего, надо создать основной строительный материал. Сюда, конечно, войдет и кирпич, вернее, я думаю, вопрос идет не о кирпиче, а о создании искусственных блоков. И вот я предупреждаю: никуда не годится ваша аргументация о возможности производства из сланцевой золы красного кирпича. Вопрос идет о строительных блоках; строительству надо не кирпичики класть, а нужно предвидеть американизированные блоки, которые объединят в одном куске чуть не 1000 кирпичей.

Перед вами стоят препятствия иллюзорного характера, когда вы здесь начинаете трактовать эту проблему. Когда мы рассматриваем проблему такого масштаба, нам нужно итти от прошлой практики с некоторой критикой. В каком направлении по сути дела мы должны отточить острие этой критики?

До сих пор при решении вопросов о судьбе Сланцевого комбината и того или другого использования сланцев преобладал механический подход к этим вопросом. А нам нужно, кроме рычага механики, к которому я отношусь с величайшим почтением, иметь в виду и рычаг химии. Нам говорят, что анализ этих сыртовских сланцев

свидетельствует о бедности их кальцием. Мне сейчас же вспоминаются гигантские мощные напластования известняков пермской формации. Там этого кальция еще больше, чем ваших сланцев, кругом рассыпаны неограниченные количества. Вспомним замечательные опыты проф. Чикина по линии химического подхода, или, вернее, химико-энергетического подхода к использованию топлива, опубликованные данные о тех трансформациях, которые происходили в Чернореченской домне со всеми шлаками, всеми стадиями этих отбросов. Это — совершенно революционный переворот: домна превращается в сложный химический аппарат, который на различных стадиях этого процесса дает извлечения совершенно неожиданного порядка. Для нас рычаг линии настолько мощный рычаг, что мы прямо должны исходить из такого рода задачи. Нужно огромное количества портланд-цемента или нового цемента. Мы берем заказ, готовим цемент Большой Волге на этих сланцевых централях, химики и наши теплотехники, наши сланцевики соединенным фронтом решают эту задачу. Мы сжигаем сыртовский сланец, он не имеет таких-то ингредиентов. Мы их введем. Воздух плохо действует — подправим воздух по методу проф. Чикина. Мы получим в будущем огромное количество электроэнергии, мы можем электролизом воды получить кислород. Это, может быть, дорогое предприятие, но в данном комплексе это имеет совершенно другой счет. Во всяком случае перед нами раскрываются гигантские перспективы. Этот вопрос необходимо продумать до конца и включиться в проблему Большой Волги, прямо взяв на себя заказ: даем вам в неограниченном количестве такое вещество, которое будет отличаться такими-то драгоценными свойствами. С затратами нам не приходится считаться; это — вечное сооружение.

Что касается стоимости сланца, то нам говорят, что тонна сланца будет стоить 7 руб. 50 коп. Допустим, что он будет стоить даже дешевле; вероятно, нам докажут, что это будет стоить сравнительно дешево. Но я глубоко убежден, что тут будет много препятствий; прежде всего, это известная удаленность от центра месторождений сланца. Только одно может тут помочь — водный транспорт, никакой другой транспорт не поможет.

Стоит только посмотреть на нашу железнодорожную сеть, на ту нагрузку, которую дает красный кирпич нашему транспорту, и вы увидите, что мы так работать не можем. Следовательно, надо прямо сказать волжанам: возможно только такое использование сланца, которое осуществляется либо доставкой водным транспортом либо потреблением на месте.

Вторая линия, которую нам следует проработать и которая даст, может быть, некоторой выход из положения — это вопрос о некоторых топливных смесях для Волги. Какое смешанное топливо мы должны рекомендовать для Волги? Нужно найти решение, которое давало бы возможность работникам Волги видеть в этой части и ближайшие перспективы.

На основании опыта Ленинграда мы пришли к тому выводу, что наши вынужденные смеси торфа и угля заставляют нас считаться со

средними нормами продукции на различные сезоны — дождливые и недождливые, ибо в разные годы мы получаем различные нормы торфа и угля для потребления на торфяных станциях. На нефть переводить наши станции мы не можем, так как использование чистой нефти для электростанций — это хищничество, хуже капиталистического. Если даже капиталисты от этого отошли, то мы продолжать это варварство во всяком случае не можем. Необходимо перевести наши предприятия на другой вид топлива. Может быть надо найти выход в этих сланцах как во временном суррогате. Эти соображения мы и должны учесть при внимательном изучении проблемы.

Пробст. Мне остается сделать несколько замечаний по всей проблеме в целом. Вряд ли следует возражать против всех исследований, которые были добыты в течение ряда лет.

На основании работ, которые производились по изучению сланцев, можно сделать определенный вывод относительно перспектив использования сланцев в том смысле, что, несмотря на малую их изученность, сланцы являются громадной, мощной энергетической базой, вполне экономически себя оправдавшей. Однако те осторожные предпосылки, которые были сделаны в 1933 г. в области экономики сланцев, приводят к выводу, что при всяких, даже неблагоприятных предпосылках, сланцы будут вполне экономичны.

Я остановлюсь не на общих проблемах, а в нескольких словах на частных вопросах, которые были затронуты акад. Г. М. Кржижановским. Г. М. Кржижановский вполне правильно заметил, что необходимо связать проблему сланцев и их использование для станций с вопросом транспорта. Наличные материалы дают основание утверждать, что сланцы залегают на всем протяжении от Южного Урала до Нижнего Заволожья. Следовательно, можно утверждать, что сейчас разведка сланцев ведется в неправильном направлении и не уделяется достаточно внимания разведыванию сланцев поблизости у воды. Между тем, именно на это обстоятельство надо обратить особое внимание в связи с развитием проблемы Большой Волги.

Далее, несколько слов по вопросу об использовании сланцев для станций на месте добычи сланцев. Сланцы в таком случае будут использованы на небольших районах на топливо. При этой предпосылке возникает вопрос, где должна быть станция, в центре нагрузки или в месте добычи. Исследование этого вопроса, которое производилось по линии Московского института, приводит к выводу, что станция должна находиться в центре нагрузки.

Второй вопрос — о мощности станций. Известно, что при комплексном использовании сланцев лимитируются масштабы этого использования. Поскольку строительный материал является мало транспортабельным материалом, мощность станций будет лимитироваться. Предельная мощность станций на сланцевом топливе — порядка 200 тыс. квт.

Добычу сланцев необходимо развивать; они должны превратиться в мощную энергетическую базу топливоснабжения и энергоснабжения Поволжья. Нам необходимо эту проблему разрешить не в ближайшие

годы, а в пределах генерального плана, рассматривая всю проблему Поволожья в целом.

Расчеты, которые производились Энергетическим институтом показывают, что к 1947 г. потребность в топливе Среднего и Нижнего Поволжья составит несколько десятков миллионов тонн условного топлива — порядка 10 млн. тонн. Между тем, у нас распространено мнение, что в пределах далекого будущего возможно все топливо Поволжья базировать на сланцах. Что значит 40 млн. тонн условного топлива? Если перевести на сланцы, то получится цифра порядка 1.5 млн. т сланцев. Это исключает возможность использования золы в таких количествах. Энергетика Поволжья не сможет базироваться на сланцах, и необходимо еще привозное топливо. Ресурсы местного топлива не позволяют построить замкнутый топливный баланс Поволжья; необходимо предусмотреть дальнепривозное топливо. Анализ вопроса показывает, что единственным видом топлива, на которое может базироваться в дальнейшем Поволжье, является донецкий уголь, при условии перевозки водным путем. Надо сказать, что довольно подробное исследование этого вопроса показало, что даже при современных бытовых условиях, при данных размерах судов, но при правильной организации перегрузки в Сталинграде и выгрузки в местах получения, донецкий уголь будет стоить дешевле, чем при перевозке его по железным дорогам. Донецкий уголь, перевозимый по Волге, оказывается экономичнее донецкого угля, перевозимого по железной дороге. Таким образом, перспективы топливоснабжения Поволжья рисуются следующим образом: с одной стороны, горючие сланцы, а второй компонент должен быть донецкий уголь, перевозимый по Волге.

Татарчук. Мне остается мало добавить к тому, что здесь говорилось. Мне хотелось бы конкретизировать правильность разрешения вопроса так, как это ставится акад. Г. М. Кржижановским и докладчиком. Мне кажется, нельзя считать неправильным то решение, которое предлагается в настоящее время в отношении возможно быстрого перевода всего существующего энергетического хозяйства Средней Волги и Нижней Волги на сланцы.

Мне, как работнику, который руководит вопросами сжигания сланцев, пришлось иметь дело и с самарскими и саратовскими энергетическими ресурсами и теми опытами, которые там проводятся. Наиболее благоприятный пункт сжигания сланцев это — сжигание на месте. В то же время мы получаем довольно эффектную картину в отношении способа использования пара. Следует отметить, однако, что подготовка и обработка сланцев, предшествующая сжиганию и отвозу золы, придает им колоссальную стоимость.

С другой стороны, если взять Саратовскую электростанцию, то, принимая во внимание затруднения со ввозом сланцев, мы сейчас должны определенно ставить вопрос о снижении ее мощности. Можем ли мы в настоящий момент ставить вопрос при отсутствии электроэнергии? Мы должны ставить вопрос о снижении мощности Саратовской электростанции из-за отсутствия транспортных устройств.

Если имеющиеся два котла пустить в полную мощность на этой станции, то и тогда мощность Саратовской электростанции будет на 60% ниже установленной.

Что касается стоимости сланца, то он будет дешев только в случае использования его комбинированным путем. На одной из установок Средневолжского края был проведен такой опыт, и стоимость сланца получилась такая: 26 руб. стоимость тонны — франко место погрузки, 50 руб. доставка и плюс 25 руб. тонна отвозки золы. Видите, во что обходится это дешевое энергетическое топливо Средневолжскому краю.

Ясно, что такое положение нетерпимо, и внедрение сланца в соответствующие установки совершенно неверно, как затемняющее общие принципиальные задачи. Если мы будем все время говорить о возможности сжигания сланца, то тем самым мы затемним ту принципиальную важность задачи, ту проблему, которая ставится в данном случае.

То же самое получается с торфом. Каждая торфяная станция, каждая угольная станция при выявлении правильных методов сжигания как торфа, так и угля, была переведена непосредственно на места, лежащие близ торфяных или угольных разработок. И это не случайно, так как в данном отношении торфяная станция также потребляет большие транспортные средства.

В условиях Средневолжского и Нижневолжского края такого справедливаго решения потребуют две станции — Саратовская и Самарская.

Вчера представитель Топливной комиссии РСФСР заявил здесь, что потребуются топки для сланцев Средневолжского и Нижневолжского края. Эти топки для промышленных предприятий небольших размеров, находящихся не только около железной дороги, но даже далеко от нее, куда доставка этого сланца должна осуществляться при помощи гужевого транспорта.

Я считаю, что при таких условиях перевод всех промышленных предприятий Средней и Нижней Волги на сланец — неправильное разрешение вопроса, затушевание стоящей перед нами проблемы.

Проводить научно-исследовательскую работу по использованию сланца в настоящее время мы можем и должны. Работы по сжиганию сланцев тормозятся тем, что мы не имеем хозяина, который бы имел возможность взять общее руководство по сланцевой проблеме и как следует резрешить. Хозяев, контролирующих, постановляющих, очень много. Но хозяев, которые могли бы дать руководящее направление работы, дать определенную задачу, целевую установку и возможность ее осуществить при помощи соответствующего финансирования, таких хозяев нет. Все кивают один на другого.

Сейчас мне придется разговаривать с представителем Главэнергопрома, приехавшего сюда по вопросу сланцевых топок. И он мне будет говорить: «Да, РКИ поставила перед Главэнергопромом задачу о сжигании сланца, но у нас нет денег на разрешение этой задачи, поэтому говорите с Союзсланцем». А там, в Союзсланце, говорят:

«Мы — организация планирующая, нас это не касается, это дело Главэнергопрома».

Мне кажется, необходимо в первую очередь поставить дело так, чтобы координировать его в одних руках.

Шемяков. Я понимаю свою задачу и задачу нашего сегодняшнего совещания таким образом, что мы прежде всего обсуждаем вопрос об использовании сланцев для мощного электростроительства. С этой точки зрения можно говорить только об Общем Сырте, потому что остальные известные сланцевые месторождения, например, Кашпирское и Савельевское, конечно, не могут решать этот вопрос, так как и то и другое сравнительно маломощные. Что же касается Общего Сырта, то здесь, надо прямо сказать, что мы об Общем Сырте ничего не знаем. Мы имеем два анализа золы, о которых здесь уже упоминалось. Знаем кое-что еще, но все-таки наши знания крайне недостаточны. Мы лишь знаем, что общесыртовское месторождение имеет громадную протяженность, имеет такие-то запасы, но каково его простирание и при этом однородное оно или неоднородное, это нам неизвестно. Целый ряд месторождений, например то же Ундорско-Захарьевское, оказались маломощными, хотя об этом и с самого начала знали. Кроме того, они оказались и крайне неоднородными по вертикали и по горизонтали. Один и тот же слой в разных местах оказывался совершенно неоднородным. И поэтому прав был В. Н. Шретер, обратив наше внимание на то обстоятельство, что сланцевое топливо неоднородно и по золе и по теплотворной способности. Я еще добавлю, что по золе сланцы неоднородны не только в смысле количества, но и по составу. Поэтому, когда раздаются голоса, что здесь можно изготовлять кирпич, а там цемент, то мне кажется, что это не совсем правильно. То, что и возможно как будто сделать, по некоторым опытам (в большинстве случаев случайным), то в дальнейшем оказывается невозможным.

Следовательно, прежде всего для решения проблемы Общего Сырта надо начать с собирания материалов и с научно-исследовательских работ.

Далее не следует преувеличивать значение того обстоятельства, что причина затруднений со сланцем заключается в отсутствии руководящего центра. Конечно, причина не только в отсутствии центра, а скорее в том, о чем говорил акад. Г. М. Кржижановский, именно, что до сего времени не было мобилизовано к этому вопросу внимание общественности и не было контроля за этим делом.

Здесь было затронуто еще несколько принципиальных вопросов, которые можно распространить на всякие сланцы. Прежде всего следует отметить, что экстраполировать и распространять свойства одних сланцев на другие сланцы нужно в высокой степени осторожно. То, что, например, можно делать по отношению к ленинградским сланцам, неприменимо к волжским, то, что применимо к кашпирским сланцам, то может быть неприменимо к сланцам общесыртовским.

Мне кажется, здесь следует поставить вопрос о том, что, может быть, сланцы лучше не сжигать. Я не хочу этим сказать, что лучше

на них поставить крест, — может быть, найдется путь более эффективного их использования. Акад. Г. М. Кржижановский был совершенно прав, когда говорил, что здесь мы не слышали голоса химиков. Будущий центр всех исследований по сланцам должен немедленно обратить внимание на большой материал, имеющийся у химиков. Этот материал необходимо подытожить и на основании его решить: сжигать или не сжигать сланцы.

Следует отметить, что при условии сжигании сланцев с использованием золы большая зольность их не всегда является положительным фактором.

Если можно сказать, что зольность ленинградских сланцев является благоприятным условием, то зольность других сланцев может оказаться явлением, явно усложняющим их технологическое и экономическое использование.

М. Н. Савчук сообщил нам о своих успехах по части сжигания низкокалорийного топлива и утилизации сланцевой золы. Что касается сжигания сланцев, то я, как не специалист, не буду касаться этого вопроса, а выскажусь только по поводу утилизации золы. Мне кажется, здесь М. Н. Савчук ошибается, когда высказывает свое убеждение, что задача утилизации золы разрешена превращением золы савельевских сланцев в кирпич взамен силикатина.

Если мы вспомним, что силикатный кирпич на 93% состоит из песка, то речь идет о том, что М. Н. Савчук изыскал способ замены песка золой. Следовательно, когда он говорит, что нашел метод утилизации сланцевой золы, он тем самым нашел пути для применения сланцевой золы взамен песка. Но ведь одно дело, когда найдена замена для песка, а другое дело, когда экстраполируют это и на замену золой портланд-цемента и вообще какого-нибудь цемента.

В статье, помещенной в газете «Техника», М. Н. Савчук прямо указал, что его опыты с кирпичом убеждают в том, что зола савельевских сланцев годится для любых гидротехнических сооружений. Мне кажется, что это утверждение неправильно, потому что состав не дает уверенности в том, что из этой золы получится кирпич, годный для любых гидротехнических сооружений.

Если же мы пойдем по пути добавки к золе извести, то калорийность сланца снизится, а при сжигании мы все-таки не получим портланд-цемента.

Даже если как-нибудь и осуществится производство портланд-цемента, то для этого понадобятся громадные капиталовложения.

Вот почему этот вопрос в действительности гораздо сложнее, чем он нам кажется на первый взгляд. Во всяком случае, я должен откровенно сказать, что доводы М. Н. Савчука, к великому сожалению, ничего не доказывают. Так, например, М. Н. Савчук советует перейти к жидкому шлаку. Мне удалось провести ряд опытов по веймарнским, кашпирским и гдовским сланцам, которые показали, что зола этих сланцев при переходе в жидкое состояние определенно теряет вяжущие свойства.

В заключение позвольте сделать следующие выводы. Что касается Общего Сырта, то о нем в данный момент ничего не можем сказать;

следует приступить немедленно к научно-исследовательской работе в этой области. Относительно предполагаемой организации нового центра для объединения и руководства работами по сланцевой проблеме, то, если этот центр будет такой же, как были центры до сих пор, его лучше не организовывать.

В Энергетическом институте Академии Наук следовало бы созвать совещание из лиц, принимавших участие в работе по сланцам, чтобы подытожить достигнутые уже результаты и сделать соответствующие выводы.

Митенков (представитель Средней Волги). Нас самарцев всегда широко интересовал вопрос о сланцах. Я, в частности, не являюсь специалистом по сланцам и потому свои своображения основываю на заявлениях сведущих лиц. Меня интересуют сланцы с точки зрения использования их на Средней Волге как энергетической базы для широкой опытной ирригации.

Из обмена мнений можно было установить, что в настоящее время надо считать вопрос о сжигании сланцев до некоторой степени разрешенным. Больше того, мне лично пришлось видеть в работе мелкие сланцевые топки на Средней Волге. По заявлению работников на этих топках оказалось, что сжигание протекает вполне удовлетворительно. Жалобы были только на обилие золы и трудные примитивные условия для ее удаления из топок.

Учитывая изложенные обстоятельства и назревшую нужду в постановке широких опытов по комплексу ирригационных вопросов в связи с ирригацией Заволжья (электродождевание, электропахоту, подачу воды насосами, мелиоративно-агрономические и агрохимические и гидротехнические мероприятия и т. п.), казалось бы своевременным поставить вопрос об опытном сжигании сланцев на энергетической базе сланцев в мощных установках и вопрос об опытной ирригации. Для этой цели имеется против месторождения кашпирских сланцев прекрасный массив земли в 200 тыс. га. Здесь имеется также мощный источник волжской воды.

Таким образом, при наличии этих факторов необходимо организовать опытное орошаемое хозяйство, в широком масштабе поставить опыты, крайне нужные для Большой Волги. При этом опыты следует поставить в таком масштабе, который дал бы возможность получить полный ответ на необходимые вопросы.

По моему мнению, это благоприятное сочетание основных факторов, необходимых для опытной ирригации, в Кашпире надо использовать. Здесь необходимо начать строительство орошаемого хозяйства, которое даст не только ответ на недоуменные вопросы по ирригации, но одновременно явится подготовкой к строительству широкой ирригации в отношении подготовки кадров, выработки принципов и методики самого строительства электрифицированных способов полива и других сельскохозяйственных процессов. Кроме того, опытное строительство орошаемого хозяйства порядка 200 га на базе кашпирских сланцев, к моменту разворота работы на Волге, явится устойчивой продуктовой базой для большой армии рабочих.

Пронин. Я хочу осветить вопрос о возможности использования сланцевой золы в строительстве с иной точки зрения, чем он трактовался здесь докладчиками и оппонентами. Когда этот вопрос обсуждался ранее, то было упущено из виду то обстоятельство, что из сланцевой золы можно получить строительный материал с объемным весом на 40% меньше, чем вес обыкновенного кирпича, а следовательно и с соответственно меньшей теплопроводностью. Это обстоятельство приводит к тому, что изготовлять из золы нужно не обыкновенный кирпич, а те крупные блоки, о которых упоминал акад. Г. М. Кржижановский. Это переворачивает всю экономику по части использования золы, потому что когда мы подходим к вопросу под углом зрения транспортабельности строительного материала, приготовленного из сланцевой золы, то здесь приходится говорить не только о стоимости перевозки тонно-километра (причем имеются в виду наиболее экономные водные пути сообщения), а надо принимать во внимание, что тонна нашего материала дает возможность получить в строительстве значительно большие эффекты от тонны обыкновенного кирпича, который здесь, повидимому, имелся в виду докладчиками. Если коэффициент теплопроводности зольных блоков будет на 40% меньше, чем у кирпича, то это значит, что можно сделать и толщину стены на 40% меньше, чем из обыкновенного кирпича.

Для того, чтобы подчеркнуть значение того обстоятельства, о котором я сейчас говорю, можно провести аналогию с другими новыми строительными материалами, в частности с артикским туфом. Ввиду того, что артикский туф имеет значительно меньший коэффициент теплопроводности то даже в Москве, можно строить здания из этого туфа, привозимого за 3000 км по железной дороге, и все-таки эти здания выходят на 20% дешевле обыкновенных кирпичных зданий.

Не трудно представить себе, какое значение будет для нас иметь этот легкий материал, если мы будем давать его не в виде кирпичей, а в виде крупных блоков, при условии использования для их перевозки водных путей, которые будут созданы после реконструкции Волги. Тогда будет возможно говорить о перевозке не на 200—300 км, как здесь говорилось применительно к кирпичу, а о транспортабельности этого материала на расстояние в 1000 км, причем стоимость строительства будет снижена по крайней мере на 25%.

Если учесть огромные затраты на осуществление строительства Большой Волги, то легко представить себе, какое исключительное народно-хозяйственное значение будет иметь эта экономия в 25% в строительных материалах.

Таким образом, при использовании сланцев, как энергетического топлива, есть возможность подойти к вопросу о рентабельном использовании сланцевой золы в качестве экономически выгодного строительного материала.

В. Н. Шретер. Так как по существу я не слышал больших возражений против моего доклада, то позвольте зачитать несколько основных положений тезисов, которые относятся к моему докладу и которые подытоживают сказанное.

«Опыты по непосредственному сжиганию сланцев в кусковом и пылевидном состоянии, а также газификация сланцев позволяют утверждать, что технику по сжиганию и использованию сланцев для газификации мы в ближайшее время освоим».

Вы чувствуете определенную осторожность, что эта проблема еще не разрешена полностью.

Дальше: «Освоение техники сжигания сланцев и техники газификации, а также успехи в области использования сланцевых очаговых остатков означают, что найден временный выход из топливных затруднений для районов, где топливный вопрос стоит особенно остро, но это отнюдь не означает, что сланцевая проблема разрешена».

В сущности все, кто здесь выступали, говорили эти же самые слова.

Далее: «Сланцы не топливо в обычном смысле этого слова. Сланцы, из-за их засоренности золой, развозить по предприятиям нельзя. Их нужно сжигать концентрированно...».

Здесь у меня добавлено: «близ места их добычи». В этом отношении были сделаны соответствующие поправки.

Я указал, что близ места добычи. Направление потока используемой потом золы говорит о том, что центр тяжести не в том, чтобы их соответствующим образом сжигать на месте добычи, что можно делать близ места добычи и на известном расстоянии, — а центр тяжести в том, чтобы сжигать их, главным образом, концентрированно. Против этого никаких возражений не было.

Дальше: «Только создание близ места добычи сланцевых комбинатов, вырабатывающих комплексно-химические полуфабрикаты, газы, стройматериалы и электроэнергию, разрешает проблему сланцев и позволит использовать сланцы в широком масштабе.

Эта фраза мной противопоставляется существующему мнению о том, что примененные нами методы для разрешения силикатной проблемы по саратовской ГЭС могут будто бы дать нам разрешение и сланцевой проблемы. Это неправильно. Мы должны думать о дальнейшем.

Далее: «Нужно всю исследовательскую работу по сланцам подчинить общей целевой установке в указанном направлении и выработать технические проекты ряда точек по комплексному использованию сланцев».

В данном случае я под этими точками подразумевал не только географические точки, которые до сих пор также неясны и которые высказывающимися здесь оппонентами передвигались в том или ином направлении, но мне представляется, что эти точки должны быть разработаны в техническом отношении, т. е. чем они сами являются. Будет ли это газификационная установка, и тогда возникает вопрос об использовании газа, или это будет электростанция, и все потоки золы будут непосредственно перерабатываться в стройматериалы.

Именно в этом смысле я подразмуевал в своих тезисах разработку соответствующих точек.

Председатель. Я думаю, что из бывших здесь прений выяснилась разносторонность проблемы сланца. Поэтому для предварительной проработки резолюции нам нужно выбрать небольшую бригаду. Я предложил бы в эту бригаду войти следующим товарищам: В. Н. Шретеру, М. Н. Савчуку, Налетову, Шемякову, Пронину и Шишову. Я бы очень хотел просить принять участие в работах этой бригады также и т. Пробст.

Разрешите на этом наше сегодняшнее совещание закончить.

(*Заседание закрывается*)

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

ЗАСЕДАНИЕ 30 НОЯБРЯ 1933 года

Преседательствует проф. М. А. Шателен

ПРЕНИЯ

Председатель. Товарищи, сегодняшнее заседание мы решили посвятить прениям по докладам инж. С. А. Кукель-Краевского, В. В. Болотова и Р. А. Фермана. Разрешите приступить к обмену мнений. Слово принадлежит Н. Н. Попову.

Н. Н. Попов. Мне кажется, что все товарищи, прослушавшие доклады С. А. Кукель-Краевского, В. В. Болотова и Р. А. Фермана, согласятся со мной, что эти доклады мы должны приветствовать, так как они трактуют весьма мало разработанные вопросы. Для проектирующих инженеров особенно ценным является доклад В. В. Болотова, касающийся области рабочих характеристик теплофикационных установок. Доклад В. В. Болотова дает характеристики, представляющие возможность проектирующему инженеру ориентироваться в тех реальных условиях, которые в смешанном снабжении энергией ставятся перед теплофикационными станциями.

Однако эти три доклада, касаясь совместной работы теплофикационных, конденсационных станций и гидростанций, спорными моментами принимали теплофикационные станции и весьма мало уделяли внимания гидростанциями как таковым и тем элементам, с которыми приходится при проектировании смешанных систем сталкиваться.

Что касается формул, данных проф. С. А. Кукель-Краевским, то я полагаю, что они сами по себе, в смысле сопоставляемых величин и выводимых зависимостей, не вызывают сомнений. Трудность и опасность заключаются в том, что применяющий эту формулу, как и всякую другую формулу, может применить ее не как общее основание для известных расчетов, а как рецепт. В свое время я выработал некорые формулы, опубликованные еще в 1926 г., но от дальнейшего развития этих формул я воздержался, потому что увидел их нелепое применение на практике.

Вообще мы часто встречаемся при применении таких формул на практике с нелепыми результатами, но это не есть беда ни практики ни формулы, а более тех, кто так применяет эти формулы. Главная трудность заключается в неправильном применении элементов, которые мы должны подставить в формулу.

Эти формулы представляют как бы разрез плоскости в статическом состоянии известного процесса, а с другой стороны — и в динамическом состоянии, потому что всякая система находится в развитии во времени и в смысле фиксации переменных величин.

Если мы обратимся к проектам Волжской станции, — я имел дело с Ярославлем и с Камой, в частности для Камы мне приходилось устанавливать мощности в эскизном проекте, — то здесь мы имеем ряд элементов, требующих увязки для правильного составления и решения такой формулы.

При всех расчетах, относящихся к станции в условиях Волги, мы имеем динамический элемент — самый поток, который лишает возможности вести статический расчет и заставляет перейти к динамическому расчету, т. е. применять методы Бернадского.

И учитывая динамику, мы можем представить известную постепенность развития всей системы. С другой стороны, регулирование водотока будет оказывать влияние на станцию, и, следовательно, станция будет работать в переменных условиях, в зависимости от состояния развития.

Затем мы должны учесть выбранный аггрегат, что тоже имеет влияние.

Отсюда вывод, что целый ряд элементов должен быть правильно учтен, прежде чем мы можем подставить в формулу правильные величины.

То же самое относится и к теплофикационным станциям, и, вероятно, сами проектирующие это делали. Я думаю, что формулы, которые здесь даны С. А. Кукель-Краевским, могут быть полезны для проектирующего в смысле установления не количественных, а качественных показателей. Во-первых, мы по этой формуле, при правильной или хотя бы приблизительно правильной установке величин, можем ориентироваться: где начинается дублирование, где мы переходим от замены киловатта киловаттом, на замену киловатт-часов.

Мы должны при применении этой формулы помнить, что в гидростанциях мы можем, увеличивая мощность станций, увеличить выработку, но с известным пределом.

Например, на Свирской станции, при суточном регулировании, мы имеем замену не киловатта на киловатт, а замену киловатт-часов.

Стремление пользоваться волжскими гидростанциями без парового резерва — принципиально, конечно, правильно, но практически, вероятно, не осуществимо. Во-первых, мы должны учитывать, что все волжские гидростанции, в зависимости от водности, даже при весьма сильной зарегулировке, все-таки из года в год будут вырабатывать несколько различное количество энергии. Во-вторых, мощность гидростанции должна быть заменена киловатт на киловатт мощности в конденсационных аггрегатах.

Из двух точек зрения правильной является, безусловно, точка зрения теплофикационных аггрегатов. Как известно, жесткие части графиков нагрузок должны учитываться в первую очередь. Затем

остающийся график должен быть распределен между другими гидростанциями и всем остальным.

В отношении конденсационных аггрегатов мы имеем правильную тенденцию, но сомнительно, насколько практически это явится возможным. Вероятно будет необходимо некоторое дублирование, о котором говорил акад. Г. М. Крыжановский, потому что в некоторые годы мы можем иметь уменьшенную мощность и выработку в течение круглого года.

В третьих, та же самая мощность не должна дублироваться в конденсационных аггрегатах. Как пожелание, это надо довести до возможно полных пределов. Но поскольку это невозможно в каждом отдельном случае, то пострадают все относящиеся сюда соображения.

Проф. С. А. Кукель-Краевский считает одним из важнейших показателей для гидростанций окупаемость избыточных капитальных затрат и предельные сроки, которые желательно для них установить, что, конечно, принципиально правильно, но эти сроки, а также ограничивающие величины плотин и т. д., естественно лежат выше компетенции непосредственных проектировщиков. Это должно сочетаться с вопросом рентабельности и зависит от того, как мы будем исчислять стоимость 1 квтч. на гидростанции.

Для исчисления существуют так называемые методы Днепростроя, в составлении которых я принимал участие (и не считаю их удовлетворительными) и целый ряд других способов, но мы в этом отношении не имеем фиксированных принципов. Может быть с развитием вопроса эти принципы также будут подвергаться изменениям, но все-таки было бы желательно, чтобы проектирующие органы и вышестоящие правительственные органы дали в этом отношении определенные установки.

Если мы просмотрим последние проектировки, хотя бы по волжским станциям, то мы увидим, что различные организации считают по разному как капитальные вложения на энергетику, так и себестоимость киловатт-часа.

От этого в большей степени зависит правильность выводов.

Что касается пунктов, относящихся к теплофикационным установкам, то они совершенно правильны. Здесь у нас должно быть известное нормирование, и при проектировании всей системы мы должны учитывать все источники энергии, которые войдут в эту систему.

Это не подлежит никакому сомнению.

Желательно установить одно обстоятельство в отношении самих гидростанций. Практика проектирования показывает, что если мы будем вести даже в схематическом проекте расчеты, не принимая во внимание типа аггрегатов и характеристики реальной работы станции, то мы сильно исказим результаты, потому что от типа аггрегата зависит очень многое.

На Самарской гидростанции до сих пор как будто проектируются пропеллерные аггрегаты. В свое время мне пришлось консультировать эти проектировки; я рекомендовал применение турбины Каплана и указывал в чем заключается разница работы этих аггрегатов.

Повидимому, однако, на Самарской гидростанции остается принятый тип.

Мы должны считаться с реальными обстоятельствами, диктующими нам необходимые ограничения, например: при выборе высоты плотины мы руководствуемся соображениями о затоплении, а не оптимумом выработки и т. д. Здесь мы должны реально учитывать то обстоятельство, что Металлический завод пропеллерные турбины не будет строить, а турбины Каплана с такими-то характеристиками он строить будет.

В заключение сообщу еще несколько цифр к тем кривым, которые здесь были приведены. В практике проектирования Камышинской плотины мы предусматривали пределы мощности от 1.2 до 1.8 тыс. квт установленной мощности. Стоимость киловатта установленной мощности при этом изменяется от 715 до 645 руб. Число часов использования установленной мощности в среднем меняется от 6.7 тыс. до 8 тыс. часов.

Сегаль-Бернштейн. На прошлом заседании акад. Г. М. Кржижановский в заключительном слове упомянул, что нашим анализом должен быть анализ техно-экономический. Проф. С. А. Кукель-Краевской в своих формулах стремится дать этот техно-экономический анализ.

Однако эти формулы могут быть приняты только в том случае, если за гранью этих формул ничего нет, т. е. не существует таких экономических условий, которые могли бы быть введены и нашли бы свое отражение в абстрактной формуле. Экономическая специализация гидростанций на основе учета характеристики каждой станции и стадий планового развития в эти формулы не может быть введена. Но без учета этих условий применение формул может превратиться в игру «в цыфирь», с чем боролся все время В. И. Ленин.

В формуле С. А. Кукель-Краевского введен срок амортизации тепловых станций, срок окупаемости. Но стремление дать срок окупаемости вообще, вне зависимости от тех обстоятельств, которые здесь указаны, не дают нам отражения плановых этапов развития энергетики в системе народного хозяйства, с чем придется сталкиватся при решении проблемы реконструкции Волги и ряда других. За гранью этих формул имеется целый ряд экономических характеристик, без которых применение этих формул не даст нужного результата. Осуществление всего Волжского строительства рассчитано на ряд лет. Между начальным и окончательным сроками решения волжской проблемы должны быть установлены определенные плановые этапы. Предупреждение, сделанное акад. Г. М. Кржижановским, напомнившим нам указания Владимира Ильича Ленина о необходимости учитывать в планах варианты худшие, и приводит к тому, что мы не сможем установить какой-то абстрактный срок амортизации тепловых станций и введения гидравлических станций.

Мне кажется, что Энергетический институт Академии Наук должен проделать работу по внутрирайонной энергетической характеристике всего волжского массива в следующих направлениях: а) установить специализацию системы гидравлических установок или отдель-

ной гидравлической установки внутри Волжского района; б) разбить весь процесс решения волжской проблемы на плановые этапы в соответствии со всеми возможно худшими вариантами; в) учесть сохранение тепловых станций; г) наметить те периоды, когда будет перекрещиваться введение гидростанций и выход из строя тепловых станций. В топливном балансе волжского района произойдут изменения. В связи с решением на Волге транспортных задач, на Волгу придут дешевые, массовые топливные грузы. Когда будет составлена плановая таблица экономических показателей по всему волжскому району и проделана условная рабочая разбивка на гидроэнергетические районы с указанием специализаций и ваимной зависимости гидравлических и тепловых установок, то только тогда можно будет говорить о полноценности применения формул.

Формулы проф. С. А. Кукель-Краевского представляют теоретико-познавательный интерес. Несомненно будут сделаны попытки применить эти формулы не только для Волги, но и для других объектов, и именно поэтому особо важно придать им такое экономическое окружение, которое позволит критически выверить возможности их практического использования. Необходимость экономичсекого анализа может быть показана на примере Кузнецкого бассейна. Район этот характеризуется значительным завершающимся и развертывающимся ростом потребителей энергии, наличием мощных топливных ресурсов в самом Кузнецком бассейне и значительных гидроресурсов в ближайшем окружении.

Характер работы создаваемой в Кузнецком бассейне теплоэнергетической системы поставит вопрос о регулирующей роли гидростанции. Следует выбрать какой-либо из возможных гидроэнергетических объектов района, могущий явиться первоочередным для решения задачи регулирования работы теплоэнергетической системы Кузнецкого бассейна. В соответствии с величиной максимума потребления энергии мы находим уровень покрытия нагрузок и устанавливаем, что данная величина потребной мощности может быть покрыта рядом станций. Имеется, например, Усинская станция, расположенная в 40 км от Сталинска, которая дает величину потребной мощности, но дальнейший рост этой точки ограничен. Кроме того, в некотором отдалении (в 200 км) от Кузбасского комбината имеется ряд гидроэнергетических точек, которые могут выполнить задачу регулирования и, вместе с тем, обеспечить успешное развитие в этом районе новых производств. Совершенно очевидно, что задача выбора гидростанции для включения в крупную энергетическую систему является сложной и многообразной. Оттенить индивидуальные черты гидростанций, наметить по терновым этапам их экономическую специализацию, вот те задачи, без решения которых применение формул проф. С. А. Кукель-Краевского не даст определенного эффекта.

М е л е н т ь е в. Будущее развитие электроэнергетических систем пойдет параллельно по гидростанциям, по теплоэлектроцентралям и по конденсационным станциям. Поэтому вопросы, затронутые в докладе проф. С. А. Кукель-Краевского, имеют большое значение. Однако в его матема-

тической формулировке, которая ставит своей целью показать оптимальные соотношения между теплоэлектроцентралями, имеется значительная доля теоретичности. Во-первых, в этих формулировках не отражена индивидуальность гидростанций. Если мы можем говорить об обобщениях по конденсационным станциям и с оговоркой об общих выводах для теплоэлектроцентралей, то говорить об обобщениях для гидростанций весьма затруднительно. Прежде всего в этих формулах не учтен вопрос о регулировочной способности станций и энергетической характеристике гидростанций. Между тем энергетические характеристики в значительной части меняют роль и значение гидростанций в общем балансе энергетической системы.

Если мы рассмотрим гидростанцию, которая не обладает достаточной регулировочной способностью и должна работать по бытовому графику, то увидим, что ее роль в системе будет одна. Если же мы возьмем гидростанцию, которая обладает большой регулировочной способностью — суточной, сезонной и, может быть, многолетней, то ее роль в системе уже будет другая. Если, например, мы будем сравнивать Демянскую станцию с Ярославской (в ее первом варианте проектировки), то получим различное соотношение между мощностями теплоэлектроцентралей и этих гидростанций.

Однако мы видим, что различие в формуле проф. С. А. Кукель-Краевского совершенно не отражено.

С этим вопросом связан второй вопрос о резервах системы.

Я имею в виду паровой резерв для гидростанций. В отдельных случаях гидростанции сами играют роль резерва для системы, работая в неполной части графика. В других случаях паровой резерв для гидростанций является обязательным, если учесть выбывание мощностей гидростанций в отдельные времена года.

Насколько я понял докладчика, проф. С. А. Кукель-Краеского, им вообще ставится под сомнение паровой резерв для гидростанций.

Такая точка зрения в общей формулировке мне представляется неправильной, потому что при наличии в большой системе или одной станции, или ряда станций, не обладающих достаточной регулировкой, как, например в Ярославле, необходимо иметь паровой резерв.

Следующий вопрос, связанный с этим, это вопрос о динамике развития электротехнических систем. Формула проф. С. А. Кукель-Краевского по существу дела отражает только статику, — в этом ее основной недостаток. Допустим, мы составили схему на 1947 г., а в 1946 г. может создаться такое положение, когда мы будем принуждены из-за баланса мощностей 1946 г. отступить от намеченной на 1947 г. схемы. Проф. С. А. Кукель-Краевский рассматривает мощность Самарской гидростанции и, найдя некоторый небаланс, присоединяет Южный Урал, выводя таким образом мощность Самарской гидростанции. Но может быть до того времени, когда докладчик присоединит Урал к Самарской гидростанции, Уралу надо будет иметь свои гидростанции, и они будут уже построены. Благодаря внесению коррективов в смысле динамики может существенно измениться та схема, которая вытекает из соотношений, даваемых в формуле.

Нам необходимо найти соотношение, когда гидростанция не вытесняет теплофикационных мощностей. Возникает такой вопрос, что же такое теплофикационная мощность?

Мы сталкиваемся здесь неизбежно с вопросом о возможной централизации теплоснабжения данного района. Если мы будем исходить из стопроцентной централизации, то мы можем получить определенную теплофикационную мощность. Но можно ли достигнуть и надо ли достигать стопроцентной централизации теплоснабжения? И как этот рост централизации теплоснабжения будет увязан с ростом развития самой системы?

При составлении проекта развития энергетики для Ленинграда нам пришлось примерно прикинуть схему на 1942 г., и мы получили, что даже для такого центра, как Ленинград, коэффициент теплоснабжения для 1942 г. может быть 40 %. На основе централизованного теплоснабжения мы имеем определенную теплофикационную мощность, но потенциально можно иметь больше. Полагали, что, исходя из теплофикационной мощности, мы можем давать определенное развитие станции. Тепловая нагрузка сельского хозяйства в проекте была не учтена. Но возможно, что в дальнейшем значительная часть теплового потребления сельского хозяйства может быть удовлетворена по теплоэлектроцентрали.

В отдельных местах, в зависимости от расположения тепловых потребителей, можно будет пойти на центральное котельное хозяйство, но не ставить электроцентрали.

Что касается вопроса об установке коэффициента теплоснабжения, играющего решающую роль в этом случае, о величине этого коэффициента в соотношении между теплофикационными мощностями и мощностями гидростанций, то этот вопрос не совсем ясен. При составлении формул необходимо иметь в виду, что если мы возьмем суммарную тепловую нагрузку всего Ленинграда, то получим одни показатели, а если будем исходить не из потенциальных возможностей, а из определенного роста освоения этих тепловых нагрузок, то получатся другие коэффициенты. Ясно, что здесь необходим соответствующий корректив.

Далее, говоря о схеме энергоснабжения, необходимо учитывать структуру энергетической базы данного района. В отдельных районах, где имеется возможность получения естественного газа, может быть следует отказаться от теплофикации и перейти на газификацию. Весьма возможно, что в данном случае газификация будет выгоднее. Учет отдельных энергоресурсов в том или ином районе также может существенно изменить соотношение между теплоцентралью и гидростанциями, которые намечены в докладе. Таким образом, теплостроение и формулы, приведенные в докладе проф. С. А. Кукель-Краевского, требуют некоторых коррективов.

Следует прежде всего учесть динамику развития района, потому что она может внести большие коррективы в статику, данную в формуле.

Затем необходимо уточнить понятие теплофикационной мощности, в связи с коэффициентом теплоснабжения.

В заключение остановлюсь на вопросе построения графиков. Когда мы строим график на очень большой промежуток времени, то необходимо исходить из определенной структуры построения всего народного хозяйства. В частности, например, здесь играют большую роль коэффициенты сменности. Мне бы хотелось услышать соображения докладчика по этому вопросу в его заключительном слове.

Сувальский. Я хочу сделать следующее замечание по докладу проф. С. А. Кукель-Краевского. Проф. С. А. Кукель-Краевский выводит формулу, определяющую условия замены одного киловатта конденсационных станций киловаттом гидротехнических станций, при этом он вносит известный коррективъ для определения необходимой мощности конденсационной станции, по сравнению с гидроэлектрической, учитывая потерю энергии.

Однако им не учитывается здесь еще один фактор, именно расход на собственные нужды; на гидроэлектрических станциях этот расход приблизительно 1%, а на конденсационно-паровой станции — 7—8%. Если внести эту поправку, то коэффициент Э—1, приближаясь к 1, фактически исчезает, а разница в 6—7% равна потерям по передаче энергии с гидростанций.

Вторая поправка, которую необходимо включить в формулы проф. С. А. Кукель-Краевского, заключается в том, что конденсационная станция, работающая на местном топливе, например на торфе, влечет за собой изменение графика потребления, связанного с необходимостью развития торфодобычи: известная часть энергии, вырабатываемой конденсационной станцией, идет на обслуживание самой станции для добычи необходимого количества торфа. В цифрах это можно выразить так: 5% добытого торфа на обслуживание торфодобычи; следовательно, надо учесть соответствующие мощности и количества энергии.

Если же кроме того учесть, что потребление энергии на торфодобычу будет иметь место в течение сезона торфодобычи, т. е. в течение трех месяцев, то в отношении мощности мы будем иметь не 5%, а больше. Проф. С. А. Кукель-Краевский, составляя свои формулы, учитывает необеспеченность мощностью в течение круглого года. При составлении такого баланса необходимо учесть те мегаватт-месяцы, которые, являясь мощностью паровой станции, фактически идут на обслуживание ее.

Следующее мое замечание касается доклада проф. Р. А. Фермана. У меня возникает вопрос: строились ли графики для всех промежуточных лет потребности и покрытия, или только для тех уровней, которые выполнены в работе. Я полагаю, что при построении графиков для всех промежуточных лет могли бы возникнуть некоторые вопросы.

Мы не можем включать гидравлическую мощность в то количество киловатт, которое нам нужно. При наличии у нас паровых станций мы включаем каждый год такую мощность, которая необхо-

дима для покрытия дополнительного роста наших потребностей. Гидравлические станции приходится включать на всю их мощность, а так как в число волжских станций входят станции с мощностью в 1 млн. квт и выше, то могут выдаться такие годы, когда вступающая мощность будет превышать рост потребности, что вызовет соответствующее снижение паровых станций; наоборот, может оказаться, что вступающие гидравлические мощности не могут полностью покрыть прирост и потребуется включить выработку паровых станций.

Вопрос этот следует рассматривать динамически, а не статически. Мы приходим к выводу, что роль и соотношение отдельных станций на отдельных этапах будут различны. Это обстоятельство должно отразиться и на экономических выводах.

Теперь я вкратце расскажу, как влияет изменение сроков вступления гидростанции на работу такой системы, как Ленинградская. Мы строим наши предположения, считая, что Свирь № 2 будет готова в 1939 г. Исходя из этого, мы ожидаем вступления в строй в 1937 г. двух теплоцентралей — Московско-Нарвской и преобразованной первой станции. Это дает возможность установить известный коэффициент централизации теплоснабжения. В настоящий момент сроком вступления Свири № 2 принят 1936—1937 г., что исключает вступление в строй в указанный срок двух крупных теплоцентралей и потребует в данных районах замены пришедших в негодность котельных, поэтому потенциальные возможности теплофикации будут ослаблены.

Этим я хочу подчеркнуть, что срок вступления отдельных станций гидравлических, теплоцентралей и других определяет и возможность охвата теплофикацией в дальнейшем. Мне кажется, что при составлении баланса энергоснабжения учитывались, в основном, количественные сдвиги и в некоторой степени —качественные, но неясно, в какой мере были учтены качественные сдвиги с точки зрения применения того или другого энергоносителя, замены одного другим?

Я приведу пример. В настоящее время производится одна работа, которая должна дать, как примерную, схему энергоснабжения на 15—20 лет вперед, с тем, чтобы на основе ее можно было бы правильно спланировать потребности Ленинграда в энергоснабжении.

В этой работе решается вопрос о распределении роли энергоносителей в энергоснабжении Лениграда. Только после разрешения этого вопроса определяется количество величин и намечается строительство соответствующих единиц гидростанций, газозаводов и т. п.

Применение такого вида энергоносителей, обслуживаемых в некоторых функциях другими энергоносителями, вносит большие изменения в характер энергоснабжения и в стандарты турбин.

При решении этой проблемы для электроэнергии отводится такая функция, как приготовление пищи, так как доказано, что приготовление пищи на базе электроэнергии является более выгодным, чем на газе.

Далее, рассматривая функции применения газа, для него отвели определенную область, в которую входит теплоснабжение, теплоцен-

трали и употребление газа для высоких температурных процессов промышленности, за исключением электротермии и электрохимии. Выяснилась также возможность применения электроотопления, причем в том случае, когда плотность тепловой нагрузки ниже определенной плотности, электроотопление является более выгодным, чем отопление горячей водой или газом.

Поскольку теплоснабжение города осуществляется на базе с противодавлением турбин отчасти горячей водой, а вырабатываемая на этой базе теплоэнергия идет только на нужды отопления, то для покрытия электрографика остается лишь выработка, создаваемая промышленным потреблением тепла. Это дает совершенно новую компановку станций. На станциях устанавливаются исключительно турбины с противодавлением, достаточным для удовлетворения нужд промышленности и для отопительных нужд с противодавлением в 1—1.5 атмосферы.

Отсюда и требования, предъявляемые к гидростанциям, меняются.

В ближайшие 10—15 лет такое положение осуществить не представится возможным. Конденсационные станции и установки турбин с отбором будут иметь место; на дальнейших же этапах осуществление этого положения вполне возможно.

В заключение еще раз подчеркиваю необходимость обратить внимание на вопрос о том, в какой мере было учтено изменение места и роли отдельных энергоносителей в энергоснабжении и какое отражение это имело место на построении всей этой схемы.

Фельдман. Я хочу возразить тов. Сегаль-Бернштейну, выступавшему против показателя «окупаемости», приведенного проф. С. А. Кукель-Краевским. Если бы показатель так называемой окупаемости выдвигался как единственно-решающий фактор в выборе того или иного типа станций и величины ее мощности, то он вызывал бы возражение. Тогда можно было бы не согласиться с проф. С. А. Кукель-Краевским. Но С. А. Кукель-Краевский выдвигает показатель «окупаемости» как дополнительный критерий, а именно: показатель «окупаемости» выступает при наличии всего прочего для того, чтобы окончательно разрешить вопрос о схеме и типе электроснабжения.

Этим критерием мы уже пользовались в одной нашей работе и пришли к такому выводу, что показатель так называемой «окупаемости» не может иметь решающего значения, при сравнении разных отраслей хозяйства, но в пределах одной отрасли хозяйства этот показатель может выступить как дополнительный критерий.

Ошибка проф. С. А. Кукель-Краевского заключается в том, что он недостаточно учел другие факторы, которые служат для разрешения вопроса. При желании можно притти к такому выводу, что проф. С. А. Кукель-Краевский выдвинул лишь этот показатель, оставив вне поля своего зрения остальные. Такое впечатление можно себе создать, но оно не вытекает из более расширенных тезисов, которые представлены С. А. Кукель-Краевским. Мне кажется, что тут «игры в цыфирки» нет. У всех оппонентов и, в частности, у меня сложилось определенное впечатление о том, что проф. С. А. Кукель-Краевский

слишком абстрактно подошел к построению формулы выбора мощности гидростанции и совместной работы разного типа станций.

Должен сказать, что я отнюдь не против создания моделей идеальных систем. Мне кажется, никто не будет возражать против возможности в условиях планового хозяйства говорить об идеальной работе, к которой мы идем, но не идеальная работа будет у нас иметь место в течение продолжительного периода времени при строительстве и форсировании намеченной системы станций. Следует, наоборот, считать нормальным то положение, когда у нас нет идеальной системы в том виде, как она выражена в формуле. Будем ли мы считать ненормальным период ввода всех мощностей и формирование раздельных узлов, которые будут продолжаться в течение десятилетия? Формула проф. С. А. Кукель-Краевского на этот вопрос ответить не может и на этот период работы не может дать решения. Вот почему у меня и у всех оппонентов сложилось мнение об однобокости этой формулы.

Приведу один пример — как будет складываться работа отдельных узлов. Можно ли говорить, что такой узел, как Ярославский, через 5—6 лет будет представлять собою ту идеальную схему, которая рисуется нам в формуле? Конечно нет. Возможно, что длительный период времени гидростанция будет играть в системе роль «станции энергии», а не «станции мощности». Разве может тогда оправдаться формула? Тогда может возникнуть такое положение, с которым не хотят согласиться ни тов. Русаковский, ни проф. С. А. Кукель-Краевский, что придется говорить о наличии сезонной энергии или, если этого не будет, о необходимости дублирования. Паровой резерв гидростанции — это переходящее явление не одного года, а нескольких лет. Ответ на этот вопрос формула проф. С. А. Кукель-Краевского также дать не может.

Я даже не возражаю против «идеального моделирования» работы всех узлов, но весь период работы этих узлов должен найти свое выражение в других соответствующих формулах.

Проф. С. А. Кукель-Краевский предложил коэффициент на «реальность» для применения его формулы ко всем случаям. Мне кажется, что из этого ничего не выйдет!

Поправочные коэффициенты на «реальность» не дадут формулы и схемы соответствующих другой структуре системы станций. С моей точки зрения такие поправочные коэффициенты на «реальность» нужны для иных целей. Всякая идеальная теоретическая схема потребует какого-то поправочного коэффициента для приближения ее к реальным условиям работы. О нем и нужно говорить. Но вопрос о коэффициенте, который бы поправил формулу так, чтобы она была действительна для другой структуры, так стоять не может. Другое соотношение гидростанций, теплофикационных и конденсированных станций в системе требует не поправочных коэффициентов к выведенной формуле, а другой специальной формулы. Поэтому я хотел бы внести следующие предложения.

Идеальные схемы и идеальные модели работы нужны, но они отвечают только определенному периоду в работе систем. Однако,

имея в виду, что нормальным будут и те периоды в работе узлов и систем, когда они будут формироваться и работать раздельно в течение длительного периода времени, то для них нужны дополнительные специальные формулы и схемы. Это является задачей энергетического института на дальнейший период его работы.

Н. Н. Попов. Я хочу коснуться вопроса о теплоцентрали, упомянутого в докладе С. А. Кукель-Краевского. Возникает вопрос о покрытии части тепловой энергии за счет электрической. Мне кажется, принимая во внимание опыты Америки, Канады и Западной Европы (особенно Швеции и Норвегии), исследование этого вопроса является весьма необходимым. Речь идет о том, насколько тепловые нагрузки могли бы быть покрыты не только энергией теплофикационных централей, но также и энергией гидроэлектрических станций. Следует принять во внимание, что такие станции, как Самарская и Камышинская, которые при полной реконструкции Волги будут иметь весьма зарегулированный расход, все же будут в некоторые месяцы иметь мощность, свободную от нормального потребления, вследствие чего эти киловатт-часы могли бы итти на покрытие этой электро-тепловой установки. Поэтому здесь может быть комбинация теплоэлектроцентрали с электро-котлами и, с одной стороны, некоторое снижение, а с другой стороны, некоторое изменение работы теплоэлектроцентрали. Этого обстоятельства отнюдь не надо забывать, потому что мы имеем практически весьма целесообразное применение гидроэнергии как для таких котлов, так и для удержания резерва на теплостанциях, что особенно часто применяется, например в Швеции.

Басов. Я хочу напомнить, что расчеты, приведенные проф. С. А. Кукель-Краевским, в свое время, примерно в таком же виде, были помещены в журнале «Пути индустриализации». Они, несомненно, могут помочь. В конце концов, что это такое? Если у вас имеется конденсационная станция, работающая определенное число часов и сжигающая определенное количество топлива, то чем больше часов она будет работать, тем дороже будет стоить та гидростанция, которая ее заменит.

Теперь перейду к двум положениям, которые имеются в тезисах проф. С. А. Кукель-Краевского, а именно: гидроэлектрическая энергия не должна вытеснять теплофикационную и никакого дублирования мощностей не должно быть.

По части вытеснения теплоэлектрической энергии могут быть приведены такие же расчеты. Если мы возьмем за стоимость теплоэлектрического киловатта только стоимость машинного зала и котельной, определяемой расчетом тепла, 1100—1500 кал. при работе ТЭЦ при чисто теплофикационном режиме, и если мы будем исходить из 5000 кал. при конденсационном режиме, то это может определить стоимость гидростанции, при которой она может вытеснить теплоэлектрический киловатт-час. Установка на теплоэлектрическую энергию, как на дешевую энергию, независимо от той мощности, которую имеет ТЭЦ, совершенно неправильна.

Соответствующие подсчеты были мною произведены. Теплоцентраль с мощностью порядка 8—10 тыс. квт в мощной энергетической системе, где имеются конденсационные станции порядка 150—300 тыс. квт, невыгодна, потому что стоимость машинного зала с дополнительной котельной на тысячу калорий будет дороже в годовом масштабе, чем районная станция такой большой мощности.

Что касается того положения, что не должно быть дублирования мощностей, то произведенные нами расчеты показали, что гидростанция, работающая на уничтожение конденсационного «хвоста» ТЭЦ, допускающая переход к турбинам с пониженным конденсационным «хвостом», не требующим развития даже полных мощностей летом, весьма целесообразна. Поэтому я предостерег от абстрактного выдвижения тезиса о том, что никакого дублирования мощностей не должно быть.

При техно-экономических расчетах для всех энергетиков весьма остро стоит вопрос о сведении эксплоатационного расхода с капитальными затратами. Здесь приходят к двум решениям: либо надо применить какие-то проценты на капитал, либо надо говорить о сроке окупаемости. Не надо на это закрывать глаза. Проценты на капитал, а иначе говоря и срок окупаемости (потому что это одно и то же), не являются вовсе некапиталистической категорией. По закону экономического развития стоимость продукции в отдельном предприятии складывается в основном из амортизации окристализованного в оборудовании труда (капитальных затрат) и живого труда (зарплаты). До сих пор увеличение в стоимости продукции доли амортизации сопровождалось уменьшением себестоимости продукции, т. е. если в данное предприятие вложено A_1 рублей, больше чем A_2 рублей, то одной и той же рабочей силой можно выработать в первом случае количество продукции B_1 больше количества B_2 при капиталовложениях A_2.

Если мы в это предприятие вместо капиталовложений A_1 вложим A_2, т. е. уменьшим капиталовложения на $\triangle A$ для передачи в другую отрасль народного хозяйства, то мы потеряем количество продукции

$$\triangle B_1 = B_1 - B_2.$$

Это количество продукции $\triangle B$ и надо учесть в виде ли процентов на капитал или как-нибудь иначе при техно-экономическом расчете.

Акад. С. Г. Струмилин. Я считаю, что не следует смешивать процент накопления с тем предложением, которое делает С. А. Кукель-Краевский. Конечно, можно выделить какой-то процент накоплений. У нас это дается самим планом. В плане мы указываем, какое количество накоплений необходимо за данный срок, и можем вычислить процент, но это не значит, что этот процент накоплений мы должны процентировать к стоимости капиталовложений. Мы можем распределить процент накоплений весьма разнообразно, но это совсем не значит, что на гидростанцию надо накидывать стоимость теплоустановки. Это был бы капиталистический способ распределения накоплений.

Накопление создает рабочая сила, а вовсе не машины. Таким образом ясно, что накопления по существу будут создаваться в иных пропорциях, чем распределяется мертвая часть капитала, Но, по моему, докладчик говорил нечто иное. Вопрос ставится так: выгодно или невыгодно нам заменить гидроустановкой тепловую установку? Мы знаем, что теплоэлектроцентраль будет существовать 20 лет и что для ее постройки нужно такое-то количество рабочих единиц; кроме того, на эксплоатацию в течение этого срока потребуется еще дополнительно такое-то число единиц. Если мы будет исходить из того, что целью производства для этой станции будут 20 лет, то для сравнения с гидростанцией мы должны определить общее количество трудовых единиц за эти 20 лет, которые потребуются на теплоцентраль и на гидроэлектрическую станцию. Если окажется, что мы съэкономим на эксплоатационных расходах вот ту разницу, которая окупилась бо́льшей дешевизной электростанции, то мы уже выгадали и в том отношении, что не затратили дополнительных количеств труда. Через 20 лет пришлось бы ставить новую электростанцию, т. е. вкладывать новые капиталы, а это могло бы получиться только за счет воспроизводства того труда, который был вложен в эксплоатацию станции за эти 20 лет.

Проф. С. А. Кукель-Краевский не указал, по какому принципу брать число этих лет. Это зависит от сроков окончательной амортизации тех предприятий, с которыми производится сопоставление (в том случае, когда разные сроки эксплоатации). При одинаковом периоде производства это совершенно неверно. В среднем для всего народного хозяйства можно исходить из срока, который предоставляется для производственного цикла на данном уровне техники. Это соответствует тому сроку, который мы выбирали для генерального плана. Срок для генерального плана — это срок для реконструкции, которая может происходить, когда освобождаются средства, имеющиеся в нашей капитальной конструкции. Если мы брали для генерального плана около 15 лет, то это весьма недалеко при наших уровнях техники от тех сроков в среднем цикле производства, которые у нас имеются. Через 20 лет устареют предприятия, которые, может быть, переживут это время, и нам нужно будет заменять их новыми, нужен будет новый генеральный план поднимать на новую техническую ступень. За этот срок должны окупиться в достаточной степени те предприятия, которые мы считаем предпочтительными при выборе более эффективных предприятий.

Если у нас генеральный план строится на 15—20 лет, то мы считаем наши богатства, принимая во внимание все те ценности, которые будут произведены за это время, а не только наличные ценности, ибо строить мы будем в течение всего срока.

В. В. Болотов (*заключительное слово*). По основным положениям моего доклада не было ни одного возражения. Я пользуюсь случаем, чтобы вывести из этого заключение, что все они принимаются безоговорочно.

Я позволю себе повторить два главных положения.

Первое положение: характеристика мощностей теплофикационных станций зависит не только от типов теплофикационных турбин и их комбинаций, но и от режима работы этой станции, определяемого электро- и тепловыми графиками. Поэтому вопрос выбора стандартов теплофикационных турбин нельзя разрешать оторванно от условий эксплоатации теплофикационных станций крупной электроснабжающей системы.

Второе положение: в конденсационных турбинах с отбором пара имеется значительная вынужденная конденсационная мощность, которая в условиях крупной системы, где имеется возможность использования гидроэнергетических ресурсов, является невыгодной. Поэтому эту часть мощности теплофикационных турбин нужно возможно больше ограничивать. Это можно сделать соответствующим выбором комбинации типов теплофикационных турбин и введением стандарта теплофикационных турбин с противодавлением.

Вот два основных положения моего доклада.

С. А. Кукель-Краевский (*заключительное слово*). В отличие от доклада проф. В. В. Болотова, по моему докладу, наоборот, был сделан ряд возражений, хотя ряд оппонентов отметили, что те формулы, которые я предлагаю (а я предлагал их не в виде рецепта, раз навсегда данного для решения всех вопросов, а в виде известного метода), дают ориентировку, но вместе с тем при неправильном подходе к ним эти формулы могут привести к неправильным выводам. Правда, оппоненты оговорились, что в таком случае вина будет лежать не на самом методе, а на тех, кто его неправильно применяет.

В дальнейших выступлениях было удачно продемонстрировано, что получается, когда хотят от какой-либо формулы или даже метода получить не то, что эта формула и метод могут дать, т. е. когда хотят получить ответ на все вопросы, а не на тот ограниченный круг вопросов, для решения которых данная формула или метод предложены.

В частности, относительно пределов отсутствия дублирования мощностей. Напомню, что в моем докладе была сделана предпосылка, что мы рассматриваем случаи работы гидростанции в большой системе, имеющей возможности регулирования, т. е. гидростанции, у которой эти возможности регулирования, например суточной мощности, в течение некоторого периода времени ограничены; в этот период времени, однако, мы имеем возможность регулировать потребление благодаря наличию соответствующей сезонной выработки. Мною был сделан целый ряд предпосылок, которые имеют место как раз при условии принятия этой гидростанции. При включении в Единую высоковольтную сеть Волжской гидростанции эти предпосылки имеются налицо, и только тогда мы можем пользоваться этими формулами. Здесь возникает вопрос, при каких соотношениях мощностей теплофикационных и гидростанции мы не будем иметь дублирования мощностей. На этот вопрос дают ответ приведенные в нашем докладе формулы. При этом обнаруживается любопытное явление: они показывают, что очень сильно влияет на эту величину мощность гидростанции, которую нужно включить в данную систему без дублирования, влияет выбор типа

аггрегатов теплофикационной станции. Больше ничего от этой формулы нельзя получить.

При помощи выведенной мною формулы вовсе нельзя решать тех вопросов, с которыми здесь выступали некоторые оппонеты. Например, здесь ставился вопрос о том, что произойдет, если нам будет необходимо включать большую гидростанцию; неужели в этом случае мы не допустим дублирования мощностей и из-за этого будем задерживать включение гидростанции. Наша формула создана не для этого. По этой формуле можно определить, насколько увеличить следует район охвата, какие исправления внести в тип теплофикационной турбины, чтобы не получилось дублирования мощностей.

Конечно, в течение получасового доклада изложить все возможные случаи применения данных формул и те случаи, когда их применять нельзя — абсолютно невозможно. Поэтому совершенно понятно, что на основании моего устного доклада оппоненты не могли получить полного представления о том, что может дать предложенный мною метод. Повторяю еще раз, что я говорил по поводу замечания акад. Г. М. Кржижановского, именно что я задался целью определить предельные условия, при которых удовлетворяются те или иные предпосылки. Считаю, что это совершенно необходимо для ориентировки, потому что мы не можем разрешать практических вопросов пока не знаем того предельного случая, к которому придем в дальнейшем. Вот эти самые предельные показатели нам необходимы.

Мне кажется, что оппоненты, которые, возражая мне, указывали, что формула это — статика, а жизнь — динамика, неправы. Ведь я хотел получить от формулы тот предел, который получится тогда, когда все предпосылки будут соблюдены.

Что касается вопроса окупаемости, то я должен подчеркнуть, что совершенно его не затрагивал в докладе. У меня есть по этому поводу свои соображения, но я не хочу их высказывать здесь, потому что непосредственно они не относятся к теме и могут завести слишком далеко.

Я показал на примере, что когда принимают срок окупаемости в 15 или 20 лет, то получают известное семейство кривых. В зависимости от стоимости топлива получается известная зависимость допустимых предельных величин капиталовложений. Если мы нанесем на этот график кривую фактических капитальных затрат на 1 квт, то эта кривая будет падать более быстро, чем кривые окупаемости, и потому при тех предпосылках, которые я сделал в самом начале, т. е. при условии возможности регулирования, оказывается выгодным устанавливать гидростанцию возможно большей мощности. С увеличением этой мощности, несмотря на то, что, вероятно, есть какой-то оптимальный предел в смысле стоимости энергии, который может быть и при меньшей мощности, все-таки, в смысле конкурентоспособности гидростанции по вытеснению паровой станции, она становится более выгодной. Независимо от того, какие бы сроки окупаемости в пределах 15—20 лет ни брать, здесь определяется какой-то минимум в условиях мощности, потому что максимальное число часов

использования соответствует некоторому минимуму установленно мощности.

Вы знаете, что у нас существует такой «предрассудок»: че больше число часов использования, тем паровая станция выгоднее а гидростанция же, сплошь и рядом, дает обратную картину: выгод нее уменьшить число часов использования, т. е. увеличить мощ ность.

Это не входит непосредственно в данное вычисление. Когда на чинают высчитывать по оптимуму стоимость энергии, то оптиму получается ближе к минимальной величине. Что это не есть чиста теория, а только иллюстрация действительно существующей законо мерности, видно из практики американских станций, которые в по следнее время, как известно из литературы, стали включать гидро станции в большие системы с установленной мощностью, превышаю щей в 10 раз гарантированную натурой вод. В 1929 г. на конференции в Токио констатировалось, что оптимум включения развитой мощно по тогдашнему времени гидростанции от 2 до 3 раз превышает мощ ность установленной гидростанции. Верно было и то и другое.

Первое верно в том случае, когда берут изолированную гидро станцию, работающую вместе с паровым резервом, когда оптимум до 2—3 раз превышает установленную мощность гидростанции; когда же берут гидростанцию, работающую так, как могут работать при единой высоковольтной сети будущие волжские гидростанции, то можно итти за этот оптимум на гораздо больших установленных мощностях.

Это имеет громадное практическое значение как раз с точки зрения динамики, за отсутствие которой в моих формулах меня все время упрекают. Некоторые оппоненты указали, будто бы мои выкладки дают только отдельные точки, дают статику. Совершенно верно; на любой из наших гидростанций, при быстром изменении структуры нашего хозяйства и условий ее работы, с течением времени будет меняться способ ее использования. Эта перемена будет происходить в направлении большего использования мощности. Например, такая станция, как Волхов, которая в первое время играла для Ленинграда очень большую роль в покрытии максимума нагрузки и ее колебаний, в будущем по мере увеличения системы, в которую она включится, будет играть меньшую роль, и мы будем иметь бо́льшую возможность ею маневрировать и, следовательно, сможем больше использовать ее мощность.

При строительстве подводной части сооружений мы рассчитываем на возможно большую установленную мощность в будущем, чтобы второй раз не лезть под воду, так как это будет слишком сложно.

В заключение позвольте мне выразить надежду, что указанные мною способы все-таки дают некоторую ориентировку, абсолютно не противоречащую практике.

Р. А. Ферман (*заключительное слово*). По моему докладу было задано только два вопроса.

Первый вопрос: были ли учтены при построении графиков нагрузки те изменения, которые могут последовать в соотношении про-

мышленной нагрузки к коммунальной нагрузке? Затем, была ли учтена изменяющаяся сменность работы и т. д.?

Мы строили график на основании тех графиков (по каждому узлу нагрузки применительно к каждому крупному городу), которые мы получили от Энергетического института Академии Наук на 1942 г. В этих предположительных графиках Энергетический институт, очевидно, учел все изменения, которые могут произойти к этому этапу народно-хозяйственной жизни. Затем эти графики были сложены, и получен общий суммарный график всех районов.

Затем второй вопрос состоял в следующем: был ли баланс энергии проделан и для промежуточных лет?

Такой работы сделано не было. Был сделан баланс только для 1942 г., с одной стороны, за недостатком времени, а, с другой стороны, казалось, что эта работа в настоящей стадии преждевременна, поскольку нашей задачей было только иллюстрировать какой-то условный 1942 г. (может быть календарно это будет какой-нибудь другой год).

Председатель. После заключительных слов прения по трем докладам можно считать законченными и тем самым законченным тот цикл работ, который проделала наша энергетическая секция. Нам остается только принять некоторые резолюции.

Если вы припомните, по группам однородных докладов мы избрали редакционные комиссии, которые и подготовили эти проекты резолюций. Первая резолюция как раз по тем докладам, которые мы обсуждали сейчас — проф. С. А. Кукель-Краевского, Р. А. Фермана и В. В. Болотова. Вторая резолюция — по докладам Г. Н. Чарданцева, З. И. Ракоши и Е. А. Русаковского. Третья резолюция — по докладам: акад. А. А. Чернышева, Н. Н. Крачковского и В. Н. Глазанова. Четвертая резолюция — по сланцам по докладам: В. Н. Шретера и содокладам М. Н. Савчука и А. Н. Шишова.

Эти четыре резолюции нам и нужно будет сегодня принять (*после обсуждения резолюции принимаются*).

Председатель. Поступило предложение сообщить Общему Собранию Академии Наук, что Секция, в виду указаний во всех принятых резолюциях на необходимость дальнейшего уточнения работ и объединения их под одним общим руководством, считает необходимым в составе Бюро Большой Волги при Академии Наук образовать Секцию энергетики и привлечь к работе Бюро ВСНТИТО (*предложение принимается*).

Разрешите записать, что Секция признает необходимым создание такого Бюро по Волге при Академии Наук и что, в частности, Секция считает необходимым привлечение к работе этого Бюро Всесоюзного научного инженерно-технического общества.

(*Заседание закрывается*)

СЕКЦИЯ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ

ЗАСЕДАНИЕ 28 НОЯБРЯ 1933 ГОДА.

Председательствует акад. С. А. Зернов.

Председатель. Позвольте открыть заседание секции рыбного хозяйства и животного сырья. Первым стоит доклад Н. М. Книповича на тему «Гидрология Каспийского моря».

Н. М. КНИПОВИЧ.

ГИДРОЛОГИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Каспийское море во многих отношениях один из самых интересных водоемов как в отношении гидрологическом и биологическом, так и, в особенности, в отношении промысловой биологии, и, тем не менее мы еще очень недостаточно знакомы с ним; изучение его не может нас вполне удовлетворять. Несмотря на то, что уже в первые десятилетия этого века самые главные характерные черты Каспия были установлены в период с 1904 до 1915 гг. (включительно), несмотря на то, что и позднее были довольно ценные достижения в области изучения Каспия, все-таки знания наши крайне недостаточны, и особенно это чувствуется в том отношении, что нет некоторых основных данных о свойствах каспийской воды, и мы вынуждены пользоваться в некоторых случаях данными, которые собственно относятся к воде с настоящим океаническим составом солевой массы.

Конечно, пользуясь данными о температуре замерзания и наибольшей плотности, относящимися к воде океанов, мы, вероятно, делаем сознательно некоторую ошибку, не очень большую, не искажающую наши результаты, но, во всяком случае, такое положение дела нельзя считать допустимым. Так обстоит дело до настоящего времени.

Каспийское море представляет один из тех крупных водоемов солоноватого характера, которые простираются вдоль южной окраины нашего Союза. Я имею в виду моря Азовское, Черное, Каспийское и Аральское.

Характерная черта, которая очень сильно отражается на природе всех этих водоемов, это — солоноватость.

Я позволю себе несколько остановиться на вопросе о солоноватости. Как, вероятно, большинству из вас известно, до очень недавнего прошлого это понятие было совершенно неопределенным. Ведь только и можно было сказать, что солоноватая вода это — вода более соленая, чем вода пресноводных водоемов, вода обыкновенных рек и озер, но менее соленая, чем морская. И только в 1929 г. была сделана попытка до некоторой степени уточнить, что мы должны подразумевать, когда говорим о солоноватых водах. Это необходимо было в виду того, что

при изучении свойств воды разных соленостей можно было установить существование естественной границы между солоноватой и морской водой, что с этой границей связано резкое изменение свойств воды, настолько резкое, что оно вносит существенные изменения в процесс вертикальной циркуляции, в процесс замерзания, в вертикальное распределение воды разных температур и т. д.

За границу между пресной и солоноватой водою принимается условно содержание солей в $0.3\frac{\circ}{\circ\circ}$ т. е. 3 части солей на 10 тысяч частей воды. Такая граница принимается в виду того, что соленость воды всех рек и нормальных озер несколько ниже $0.3\frac{\circ}{\circ\circ}$.

Что касается границы между солоноватой водою и морской, то за нее, мне кажется, можно принимать ту соленость, при которой существенно изменяется ход некоторых процессов, происходящих в воде. Этой границей служит такое содержание солей, ниже которого температура наибольшей плотности воды выше температуры замерзания, и тогда при большем содержании солей температура наибольшей плотности ниже, чем температура замерзания.

Для воды с океаническим составом солей такой границей солености оказывается содержание солей в $24.7\frac{\circ}{\circ\circ}$ (точнее $24.695\frac{\circ}{\circ\circ}$)! Когда мы имеем дело с водою Каспийского моря или другого солоноватого водоема с иным составом солевой массы, мы можем ожидать, что граница будет при несколько ином содержании соли. Это вероятно, но точных цифр нет, мы не имеем их ни для Каспийского моря, ни для других наших солоноватых водоемов. Во всяком случае, ошибка такова, что она не искажает результатов вычислений.

Почему приходится подчеркивать, что эти водоемы солоноватые? Для этого существуют серьезные причины; первая причина заключается в тех особенностях солоноватой воды, о которых было уже упомянуто, по сравнению со свойствами настоящей морской воды.

За солоноватую воду мы принимаем такую, у которой, при общем содержании солей выше $0.3\frac{\circ}{\circ\circ}$, температура наибольшей плотности выше температуры замерзания, за морскую — такую, у которой температура наибольшей плотности ниже температуры замерзания. Практически из этого следует, что чем холоднее морская вода определенной солености, тем больше ее плотность, тем она тяжелее. Совершенно иное обнаруживается, если мы имеем дело с солоноватой водою: у нее плотность повышается по мере приближения к температуре наибольшей плотности, а следовательно, такая вода получает бóльшую плотность, становится более тяжелой и при охлаждении, и при нагревании, лишь бы она приближалась к температуре наибольшей плотности. Так, например, средняя соленость каспийской воды $12.85\frac{\circ}{\circ\circ}$, температура наибольшей плотности для такой воды (по таблицам) $+1.24°$. Если мы имеем воду такой солености с температурой, положим, $+5°$, и она будет охлаждаться, то по мере охлаждения будет становиться плотнее, тяжелее, пока не дойдет до температуры $+1.24°$, а если охлаждение пойдет дальше, она становится более легкой.

Ясно, что весь ход изменений в распределении воды в связи с изменениями температуры, весь ход вертикальной циркуляции,

а следовательно, вертикальное распределение газов, других веществ, температуры — все это будет совершенно иным в солоноватой воде, чем в морской.

Другая причина считать очень важным фактором именно солоноватость заключается в том, что причиной солоноватости бывает вообще (и это относится, конечно, полностью к нашим южным солоноватоводным водоемам) большой приток воды рек и вообще воды с суши. Тут мы встречаемся с обстоятельством, имеющим самое первостепенное значение. Я позволю себе напомнить эту, может быть, несколько элементарную истину из области гидрологии и океанографии. Дело в том, что те вещества, которые входят в состав солевой массы морей, как главные составные части, находятся всегда в водоемах в избытке. Эти вещества находятся вообще в такой массе, что никогда не может встретиться случая, при котором не хватало бы именно этих веществ для жизни растений. Совершенно иначе обстоит дело по отношению к некоторым соединениям, которые всегда являются в водоемах (и в морях и в пресной воде) более или менее дефицитными, их всегда мало, и всегда они составляют в процентном отношении к остальной солевой массе величину очень малую. Между тем, от них зависит, в конце концов, процветание или, наоборот, непроцветание растительного мира водоемов, а растительный мир, как известно, является основой всей жизни. С этим приходится очень считаться, так как некоторые наиболее важные из этих дефицитных веществ, безусловно необходимые для растений, содержатся в таких небольших количествах и так энергично потребляются хлорофиллоносными растениями, что их может совершенно нехватать, и мы часто в работах, посвященных этому вопросу, видим, что в такое-то время года содержание соединений фосфора или азота обозначается нулем. Это не обозначает абсолютного отсутствия этих веществ, но значит, что они находятся в таких количествах, которые обычным, нормальным анализом не улавливаются; имеются их следы, которые не удовлетворяют потребностей растений. Отсюда громадной важности последствия для всей живой природы водоемов.

Здесь рельефно выступает закон минимума, данный Либихом.

Отмечу еще одно характерное явление, с которым мы встречаемся в Каспии и которое, правда, в несколько других формах встречается в некоторых других наших солоновато-водных водоемах. В то время как среднюю соленость Каспийского моря можно считать равной $12.85\%_0$ и, за исключением некоторых особенных случаев, она колеблется от той солености, которая характеризует пресные воды, т. е. несколько менее $0.3\frac{\circ}{\circ\circ}$, до $15.2\frac{\circ}{\circ\circ}$, мы встречаем в Каспии, в северной части, т. е. в части наиболее пресноводной, как резкий диссонанс с остальными частями этого моря, соленость чрезвычайно высокую. Это то, что было установлено К. А. Киселевичем во время рейса в залив Комсомолец (бывший залив «Цесаревича» или «Мертвый Култук»). Дело в том, что там были обнаружены солености, доходящие до $37.66\frac{\circ}{\circ\circ}$, а наибольшая соленость, какую мы знаем в океанах, — я имею в виду открытые океаны, в отдельных морях, сильно изолиро-

ванных от океана, она может быть и выше, — самая высокая соленость, которая была констатирована, это 37.9‰ (в Атлантическом океане). В заливе Комсомольца мы находим, следовательно, почти ту же самую предельную соленость. Объясняется это тем, что залив Комсомольца изолирован сильным повышением дна, и испарение здесь очень сильное; вероятно, играет роль и приток очень соленой воды из залива Кайдак.

Еще более исключительную соленость представляет Карабугаз. Он представляет нечто вроде самосадочного озера, в которое изливается вода Среднего Каспия, но почти никогда не возвращается обратно. Такие случаи, когда по Карабугазскому проливу движение воды происходит в противоположном направлении (из залива в море) являются исключительными.

Итак, рядом с предельными соленостями, которые можно считать нормальаыми для Каспия, т. е. 0.3‰ и 15.2‰, мы встречаем такой странный участок моря. Отмечу еще более странное явление: там было найдено несколько рыб, которые сильно распространены в Северном Каспии — один из случаев приспособленности животных к разнообразным условиям: с одной стороны, некоторые из них живут в опресненной воде северного Каспия, даже в низовьях Волги, с другой, в водах, которые достигают солености предельной для океанов.

Как я уже говорил, солоноватость связана с сильным притоком воды с суши, именно речной воды. Мы слышали во вчерашнем докладе Брегмана и Михалевского, что приток речной воды составляет очень большую часть воды, поступающей в Каспийское море. Речной сток они определяют в 70.7%, а сток главных рек приблизительно в две трети (67.7%). Я не стану на этом больше останавливаться. Это, как я уже отметил, имеет громадное принципиальное значение, так как громадный приток этой воды означает громадный приток и тех дефицитных пищевых веществ, от которых зависит благосостояние водоема, его продуктивность, и притом как продуктивность общая, т. е. количество органических веществ, так и специальная промысловая продуктиввость, т. е. количество тех животных, которые служат объектом промысла.

Солевая масса Каспия довольно резко отличается от океанической. Прежде всего, заметно меньше процентное содержание хлористого натрия, и вообще хлоридов, чем в морской воде, напротив, содержание сульфатов очень высокое — приблизительно втрое больше, чем в океанической воде, и особенно сернокислого магния (в 3.7 раза больше, чем в воде океана). Наконец, в очень большом количестве (раза в четыре большем) содержатся карбонаты по сравнению с тем, что мы встречаем в океане.

Что касается дефицитных составных частей солевой массы, то в настоящее время мы имеем об них лишь скудные сведения, — только недавно были сделаны первые шаги для выяснения этого важного вопроса бывшим Океанографическим институтом. Только немногие из этих определений стали мне известны. На этих скудных цифрах я не буду останавливаться. Но не подлежит сомнению, что при таком

колоссальном притоке речной воды количество этих веществ, поступающее в Каспий, должно быть очень высоким, и это одна из главных причин большой продуктивности этого водоема вообще. Общая промысловая продуктивность Каспийского моря, как показывает недавно произведенный подсчет, процентов на 30 больше, чем продуктивность прибрежных, мелководных зон Атлантического океана. А что касается Северного Каспия, куда вливается главная масса речной воды, то о степени продуктивности этой части Каспия можно судить по тому, что промысловая продуктивность, выраженная в числе центнеров добытой рыбы на 1 км^2, здесь приблизительно вдвое больше, чем в Немецком море, которое в рыбном отношении считается очень продуктивным; 37 центнеров дает на 1 км^2 Северный Каспий и 19.7 Немецкое море.

Переходя к горизонтальному и вертикальному распределению как солености, так и других гидрологических элементов, я должен несколько остановиться на составе Каспийского моря.

На демонстрируемой карте нанесена главная система течений его, и довольно ясно можно видеть границы между тремя отделами, коренным образом отличающимися друг от друга.

Северный Каспий отделяется от Среднего линией от мыса Тюб-Караган к о-ву Чечень. Затем узкое пространство между Апшеронским полуостровом и мысом Куули, где дно моря сильно поднимается и глубина лишь около 200 м, отделяет Средний Каспий от Южного.

Позвольте напомнить, чем характеризуются эти три отдела. Северный Каспий отличается крайней мелководностью, только у границы его мы можем видеть глубины, немного превышающие 25 м вообще же глубина гораздо меньшая. Далее, для Северного Каспия характерны очень пониженная соленость, за исключением залива Комсомольца, чрезвычайная изменчивость всех гидрологических явлений, так что ни об устойчивости температуры, ни об устойчивости солености и других гидрологических элементов говорить не приходится. Характерны, наконец, массовое образование льда и та высокая продуктивность — животная и растительная, о которой я говорил и благодаря которой Каспий является в высшей степени ценным водоемом с точки зрения промысловой.

Существенно иное мы находим, переходя к Среднему Каспию. Глубины здесь значительные, до 768 м. Соленость выше, и глубокие слои воды обладают значительной степенью устойчивости гидрологических элементов. Начиная с глубины в разных частях этого отдела от 250 до 450 м (большие глубины относится к максимумам течений), мы вступаем в зону, где температура немного ниже + 5° и только в самых придонных слоях повышается до 5.0—5.01°, и это наблюдается на всех станциях. Глубже 250—450 м годовых изменений температуры не наблюдается. Значительное постоянство обнаруживает в этих губоких слоях также содержание кислорода. Существенно отличается Средний Каспий от Северного и системой течений; в Северном Каспии мы встречаем сложную систему течений, постоянно меняющуюся, так что говорить об определенной устой-

чивости течения не приходится; более постоянен лишь сток воды из Северного Каспия в Средний в западной части моря. В Среднем Каспии мы находим вдоль окраин прибрежных мелководий мощное круговое течение в циклоническом направлении (т. е. направлении против часовой стрелки), обладающее в общем значительным постоянством. О полном постоянстве в направлении этого течения не может быть речи. Под влиянием ветров оно иногда меняется и с этим приходится считаться как при рыбном лове, так и при плавании судов. Но следует иметь в виду, что и течения Мирового океана не обладают полной неизменностью направлений движения воды.

Кроме общего кругового течения, которое охватывает и Средний и Южный Каспий, здесь от западнобережного течения ответвляется часть, которая идет к восточному берегу и вливается к восточнобережное течение, образуя таким образом круговое течение с движением против часовой стрелки, которое и окружает халистатическую область, отличающуюся в гидрологическом отношении прежде всего отсутствием определенных течений. Кроме того, распределение солености, кислорода, температуры и целый ряд других гидрологических элементов здесь отличаются от того, что мы находим в круговом течении. Наиболее глубокие слои, начиная с 600 м, представляют сероводородную область.

Затем, для характеристики Среднего Каспия надо прибавить еще, что здесь местного большого образования льда нет, но сюда поступает большое количество льда, приносимого из Северного Каспия, и в холодное время года это сильно отражается на различии между западными и восточными частями моря. Это может иметь даже большое практическое значение в рыбном промысле, так как в холодное время года мы находим на востоке сравнительно высокую температуру, а на западе очень сильно пониженную. Как показали новейшие исследования относительно промысла рыбы в открытом море, зимою по температуре воды можно решать, когда промысловое судно приходит в область, где стоит производить лов сельдей; пока судно находится в районе, где температура воды ниже 5°, лов дает лишь незначительные результаты, а когда температура воды доходит до +6 или +7°, успешный лов обеспечен.

Что касается продуктивности, то она, как я уже говорил, понижена по сравнению с Северным Каспием.

Переходя к Южному Каспию, который отделен от Среднего сильным повышением дна (в наиболее глубоких местах глубина не более 200 м), мы находим некоторое сходство со Средним Каспием. Во-первых, общее круговое течение охватывает как Средний, так и Южный Каспий, и в этом отношении имеется большое сходство. Кроме того, и здесь течение, раздваиваясь в восточной части, дает, как и в Среднем Каспии, ветвь, образующую круговое течение вокруг халистатической области. Кроме того, имеются еще недостаточно обоснованные указания на особое круговое течение в юговосточной части Южного Каспия.

Глубина Южного Каспия доходит до 945—946 м. Сероводородный слой замечается лишь на больших глубинах и развит сравнительно

слабо. Глубокие слои, начиная с 250—430 м, имеют температуру немного ниже + 6°. Начиная с этой глубины, годовых изменений температуры не замечалось. Очень важное значение в распределении гидрологических элементов, в том числе солености, имеет существование кругового течения, поддерживающего связь между Средним и Южным Каспием. Кроме того, как видно на карте течений, часть восточнобережного течения входит в Северный Каспий, сливаясь с опресненной водой и утрачивая свой первоначальный характер.

В связи с только-что указанным подразделением Каспия следует отметить, что процесс образования придонных слоев с высокой соленостью несколько отличается в Южном Каспии от того, что мы находим в Среднем. Несомненно, что в образовании воды с относительно высокой соленостью главную роль играет испарение поверхностных слоев. Как в Южном, так и в Среднем Каспии происходит сильное испарение, в особенности, в области мелководий восточного берега. Образующиеся здесь слои повышенной солености и стекают по склонам от прибрежных мелководий в глубокие слои.

В Южном Каспии наблюдается и другое явление, очень резко выраженное, это — образование в поверхностном слое воды с сильно повышенной соленостью. В силу большого испарения вода становится более соленой, но в то же время она настолько нагревается, что может держаться над холодными, менее солеными, подстилающими слоями. Эта странная картина наблюдается иногда даже до зимы. Мне приходилось в 1915 г. наблюдать в Южном Каспии до половины января на поверхности моря мощный слой с повышенной соленостью, который пока не погружался. Вместе с тем наблюдения показали, что можно проследить шаг за шагом, как этот, образовавшийся на поверхности моря, сильно соленый слой начинает погружаться, затем можно его уловить в средних слоях, и, наконец, он обрушивается на дно.

Переходя к другим гидрологическим элементам, отмечу, что по отношению к газам Каспийского моря большой материал имеется только относительно кислорода и, я думаю, можно констатировать, что в этом отношении наши познания могут считаться достаточными, во всяком случае все, что относится к кислороду представляется ясным.

Довольно скудные данные имеются относительно сероводорода. Я упоминал о существовании довольно мощного слоя в Среднем Каспии, в Южном Каспии сероводород также имеется, но в виде тонкого, довольно слабо развитого придонного слоя. О других газах данных мы пока не имеем; между тем, некоторые из этих газов особенно заслуживали бы внимания (углекислота, азот, аммиак). Необходимо, чтобы и в этом отношении были произведены исследования.

Что касается кислорода, то относительно распределения его в Северном Каспии не приходится говорить; здесь такое мелководье, что все слои до дна легко перемешиваются под влиянием ветров. Совершенно иначе дело обстоит в Среднем и Южном Каспии. Кислород в Южном Каспии в небольшом количестве удавалось наблюдать

в непосредственной близости ко дну в самых глубоких частях. Так, в 1904 г. на глубине 920 м наблюдалось еще небольшое содержание кислорода. В Среднем Каспии кислород проникает до глубин значительно меньших в силу существования довольно мощного слоя сероводорода, где кислород затрачивается на окисление этого газа. Что касается больших содержаний кислорода, какими можно считать содержание в 5 $см^3$ и выше, то оно в Среднем и Южном Каспии доходит до сравнительно не очень больших глубин. Большой материал, который был собран в 1914 и 1915 гг., позволяет констатировать, что такого содержания нигде в Каспийском море глубже 240 м не было. Начиная с этой глубины, количество его быстро понижается с глубиною, и уже на 500 м среднее содержание кислорода меньше 1 $см^3$. Такое распределение высокого содержания кислорода объясняется распределением плотности воды. Если проанализировать имеющийся материал, то ясно, что около этой глубины мы встречаем слои значительно более повышенной солености и плотности in situ и полное влияние зимней вертикальной циркуляции при охлаждении поверхностных слоев до больших глубин, очевидно, не простирается. Более глубокие слои снабжаются кислородом менее полно, что отражается и на распределении жизни.

Относительно температурных условий я отметил уже некоторые особенности в глубинах Среднего и Южного Каспия. Как изменения температуры, так и изменения других гидрологических элементов, в том числе и содержания кислорода, доходят до наибольших глубин в области течений, именно в максимумах этих течений. Пределом годовых изменений температуры в Среднем Каспии являются глубины от 250 до 450 м; первая цифра относится к халистатической области, вторая — к максимуму течения; средней глубиною надо считать 350 м. В Южном Каспии изменения температуры простираются до глубины 250—430, в среднем до 300 м.

Что касается годового хода изменений на поверхности, то наиболее высокая температура во всех трех главных частях моря доходит до + 30° и даже выше (до + 34°), а в заливе Комсомольца до + 35°. Зимой понижение доходит в Северном Каспии в разных частях в зависимости от солености до разных величин, иногда наиболее низкая температура только 0. Очень широко распространены такие солености, при которых температура замерзания — 0.6°. Реже наблюдаются температуры до — 1° и ниже, но в заливе Комсомольца при той солености, которая имеется там, наиболее низкая температура должна быть около — 2°.

Процесс передачи нагревания и вообще изменений температуры на глубину сильно запаздывает, и до тех слоев, ниже которых годовые изменения температуры уже не наблюдаются, нагревание доходит через полгода после того, когда наблюдается максимум температуры на поверхности. Мы наблюдаем то же и в Баренцовом море, и то, что мы видим в Каспийском море, не представляет ничего исключительного.

Относительно концентрации водородных ионов в Каспийском море мы имеем материалы за последние годы, которые дают несколько

своеобразную картину. Величина pH колеблется от 7.85—7.95 в придонных слоях халистатических областей до 8.50—8.59, даже по некоторым данным до 8.65 на поверхности моря.

Отмечено несколько случаев еще более низких величин pH в областях малых глубин, но остается открытым вопрос, не являются ли эти данные ошибочными.

В процессе передачи в глубокие слои гидрологических изменений разного рода играют громадную роль различные формы вертикальной циркуляции, причем обнаруживается и влияние указанных уже особенностей солоноватой воды по сравнению с настоящей морской. Так, при одинаковой солености разных слоев более холодные слои могут располагаться над слоями более теплыми. Вполне возможны случаи такого вертикального распределения разных слоев, которые могут производить на первый взгляд впечатление ошибки.

Относительно системы течений главные данные были уже сообщены, и к этому вопросу нет надобности возвращаться. Но существенное значение имеют в Каспийском море и другие формы движения воды, и в частности, движения под влиянием ветра. Помимо перемешивания слоев мы наблюдаем здесь иногда очень рельефные формы влияния сгона и нагона, причем это влияние простирается на довольно значительные глубины, иногда искажая даже, как мне пришлось лично убедиться, годовой ход температурных изменений на поверхности моря. Приходилось совершенно ясно и бесспорно наблюдать, что вода поднималась к поверхностным слоям с глубины 45—48 м, сохраняя температуру и соленость, под влиянием сгона, в других случаях — с глубины 35 м и т. д.

В самую знойную часть лета 1915 г. мне пришлось наблюдать перед входом в Красноводский залив сильный туман и, сравнительно, очень низкую температуру на поверхности моря. Произведенный затем гидрологический разрез показал, что под влиянием сгона воды от восточного берега к поверхности поднялась вода с глубины около 35 м. В том же 1915 г. пришлось позднее констатировать, что температурный максимум вместо обыкновенного июльского, реже августовского, пришелся на сентябрь и выражался в поверхностных слоях такими низкими величинами, какие совершенно не соответствуют нормальному максимуму. Как видно из сказанного, иногда нагоны и сгоны могут играть очень существенную роль, совершенно нарушая нормальный годовой ход изменений температуры воды на поверхности моря и вообще в верхних слоях.

Я должен остановиться еще на одном факторе, играющем важную роль в гидрологии водоемов, в том числе и в гидрологии Каспийского моря. Таким фактором является органическая жизнь. Между неорганическим миром водоемов и миром органическим, совокупностью всех растений и животных, населяющих эти водоемы, существует тесная связь и глубокая взаимная зависимость. Жизнь растений и животных водоема зависит от его гидрологических, т. е. физических и химических условий, но вместе с тем и гидрологические условия водоема зависят от населяющих его организмов. В не-

которых случаях такая связь и взаимная зависимость выходит далеко за пределы водоемов и простирается даже на весь земной шар — на поверхность суши, на атмосферу и гидросферу. Самым ярким примером может служить режим кислорода на земном шаре. Жизнь подавляющего большинства организмов зависит от присутствия в окружающей среде свободного кислорода. Но при множестве явлений и в неорганическом и в органическом мире, при которых свободный кислород потребляется, мы знаем в природе лишь один источник свободного кислорода — жизнедеятельность части растительного мира, именно хлорофиллоносных растений.

В разнообразнейших формах взаимная зависимость между неорганическим и органическим миром наблюдается и повсюду в водоемах. Органический мир является потребителем углекислоты, но он же является и одним из источников ее; он зависит от состава солевой массы вод, но он же изменает этот состав, потребляя некоторые части его и обогащая его другими соединениями.

Мне приходилось уже говорить о тех веществах, которые, входя в относительно малых количествах в состав солевой массы, являются фактором, определяющим продуктивность водоемов, общую и промысловую. Это, прежде всего, соединения фосфора, соединения азота, а для некоторых растений и кремнекислота; новые исследования заставляют признавать в некоторых случаях важное значение присутствия в воде еще меньших количеств некоторых других веществ, в частности железа.

В высшей степени важное значение в гидрологии водоемов, в том числе и Каспийского моря, имеет бактериальная флора. С жизнедеятельностью бактерий связана нитрификация, т. е. создание соединений азота, необходимых для растений, но также и противоположный процесс денитрификации; с бактериями связан процесс образования сероводорода, но с другими бактериями связан процесс его уничтожения и т. д. Важным достижением в области изучения природы Каспийского моря и, в частности, в области его гидрологии является поэтому ряд хороших работ, вышедших в последние годы.

Заканчивая свой доклад, считаю необходимым подчеркнуть, что настоятельно необходимо продолжение, углубление и расширение исследований в области гидрологии и биологии Каспийского моря. Мы все еще слишком мало знаем это море, а оно среди водоемов Союза занимает первое и совершенно исключительное положение в промысловом деле.

ПРЕНИЯ

Председатель. Какие имеются вопросы или высказывания по докладу Н. М. Книповича?

Вопрос. Не можете ли вы сказать, в какой степени является установленной разобщенность Среднего и Южного Каспия, т. е. насколько глубоко этот режим изучен, нет ли связи, которая ускользнула?

Н. М. Книпович. Повидимому, сомневаться в этом не приходится, налицо резкое повышение дна, очень серьезная перемычка, кото-

рая разделяет глубокие слои. В этом направлении приходилось много работать, поэтому не может быть крупной ошибки; может быть и придется ввести незначительные поправки, но общая картина от этого не изменится; ошибка в несколько метров не изменит общей картины.

Вопрос. Произошли ли какие-нибудь изменения в гидрологии Каспийского моря, которые можно констатировать со времени 1914 г.?

Н. М. Книпович. К сожалению, позднейшие наблюдения недостаточны для полного решения этого вопроса; некоторый намек на изменения есть, именно на те изменения, которых приходилось ожидать. К сожалению, самые большие работы, которые пришлось делать на Каспии, падали на 1914—1915 гг., годы исключительно теплые. Поэтому можно было ожидать, что в более нормальные годы будут глубже лежать пределы действия зимней вертикальной циркуляции и несколько ниже температура воды. Некоторые намеки на это в том материале, который поступил, имеются, но этого материала недостаточно, чтобы можно было с уверенностью говорить об изменениях в распределении температуры. Можно ожидать, что, если придется произвести исследования в особенно суровые годы, изменения будут более резки. Но, все-таки, нет основания думать, что это может значительно изменить общую картину.

Вопрос. Какие наблюдения делались над изменением гидрологического режима под влиянием ветров, сгонных и нагонных? Они захватывают довольно широкую береговую полосу. Вероятно, гидрологический режим Каспийского моря вызывается ветровыми явлениями — сгонными и нагонными. Скажите, ведутся ли в этой области какие-нибудь наблюдения?

Н. М. Книпович. В 1931 г. мне пришлось у западного берега Каспия встретить такую картину: следовало ожидать присутствия рыбы, ее не было. Когда сопоставили гидрологические наблюдения, то оказалось, что имел место подъем холодной и сильно соленой воды с глубины 48 м. Никаких сельдей не оказалось. Была слишком низкая температура. Я думаю, что такие данные могут иметь значение и очень серьезное при лове рыб, держащихся в придонных слоях.

М. И. Тихий. Вы не высказали своего взгляда на отношение течения в Среднем Каспии к течениям в Северном. Считаете ли Вы, что наблюдений там достаточно? Как Вы относитесь к работам Михалевского о течениях в Северном Каспии?

Н. М. Книпович. В Среднем Каспии совершенно типическое течение в циклоническом направлении, часть воды которого вливается в восточную часть Северного Каспия. В Северном Каспии система течений крайне изменчива, и вообще гидрологические явления быстро изменяются. При мелководности этой части Каспийского моря очень резкое влияние оказывают ветры.

Работу Михалевского о течениях в Северном Каспии я считаю ценным вкладом в изучение природы Каспийского моря. Но сам автор подчеркивает крайнюю изменчивость течений в этой части моря,

и указанные им направления движения воды надо считать лишь равнодействующими имеющихся наблюдений. О сколько-нибудь устойчивых направлениях движения воды (хотя бы в такой степени, как в общем круговом течении Среднего и Южного Каспия) здесь не может быть речи.

Что касается вопроса о достаточности наблюдений, то в Каспийском море надо еще сделать очень много даже по отношению к тому, что в общем выяснено удовлетворительно. Наблюдений все еще мало, особенно по отношению к зиме. Между тем, как видно из новейших наблюдений Н. Л. Чугунова зимою создаются очень интересные отношения между западнобережным и восточнобережным течениями, которые могут иметь существенное значение и с рыболовной точки зрения.

М. И. Тихий. Уточнено ли после работы Лебединцева и Каспийской экспедиции направление воды Волги в Северном Каспии и, в частности, выноса твердого стока Волги, и далеко ли на восток распределяются воды Волги при общей циркуляции воды Каспия?

Н. М. Книпович. Я сейчас никаких точных данных по этому вопросу не имею, так что я затрудняюсь на это ответить.

Председатель. Слово предоставляется Л. С. Бергу для доклада на тему «Фауна Каспийского бассейна и ее использование».

Л. С. БЕРГ

ВОДНАЯ ФАУНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Из водных ресурсов каспийского бассейна пока подвергаются использованию: 1) рыбы, 2) каспийский тюлень, 3) раки, 4) моллюски.

I. РЫБЫ[1]

В нижеследующем мы, говоря об уловах, имеем в виду товарную продукцию, т. е. то количество рыбы-сырца, которое поступает через хозяйственные организации в распоряжение государства. Общее же количество добытой из водоема рыбы мы называем валовой продукцией. Для таких водоемов, как Каспийское море с устьями впадающих в него рек, валовая продукция лишь немного превосходит товарную, но для рек и озер первая может превосходить вторую вдвое или даже больше.

За основу для вычислений мы взяли 1930 г., потому что для этого года Всесоюзный институт озерного и речного рыбного хозяйства располагает статистическими данными по многим рекам каспийского бассейна; для этого же года Всекаспийская рыбохозяйственная экспедиция дает подсчеты по многим породам. Но следует иметь в виду, что в самом Каспие уловы 1930 г. были в общем выше среднего.

[1] Полный список рыб Каспийского моря и рек, в него впадающих, имеется в труде Н. М. Книповича «Гидрологические исследования в Каспийском море в 1914—15 гг.» Тр. Касп. эксп. 1914—15, I, Петербург, 1921, стр. 709—715. Здесь перечислено 147 видов.

Недостатком нашей статистики уловов рыбы является суммарная, не детализированная классификация объектов рыболовства. Для интересующего нас бассейна эта классификация такова: сельдевые, вобла, крупный частик (судак, сазан, лещ, сом, щука, жерех, кутум, усач), мелкий частик (прочие карповые, кроме воблы, а также окунь, берш, минога), красная рыба (осетровые), лососевые (лосось и белорыбица). Установление более дробной классификации совершенно необходимо для разрешения целого ряда научных и прикладных вопросов, связанных с нуждами рыбного хозяйства.

Вопросов, какое влияние проектируемые на Волге плотины окажут на рыболовство, мы здесь не касаемся, так как этим проблемам посвящены специальные доклады.

Главными источниками нам служили.

1. Пищевая промышленность за 1929—1932 гг. М. — Лгр. 1933, стр. 92—107, рыбная промышленность (изд. Нар. Комиссариата снабжения; за 1932 г. здесь приведены только плановые задания, но не фактические уловы).

2. Бюллетень Всекаспийской научной рыбохозяйственной экспедиции, № 5—6, 1932, Баку, май 1933, 227 стр. (отчет о работах экспедиции; приведены статистические данные о важнейших промысловых рыбах).

3. Рыбное хозяйство Волги и «Волгострой». Изыскания 1931 г. под руководством М. И. Тихого. Изв. Инст. озерн. и речн. рыбн. хоз., XVII, 1933, 195 стр.

4. По персидским водам:

А. Я. Недошивин и Б. С. Ильин. Уловы красной рыбы в водах южного побережья Каспия в 1913—1915 гг. Изв. Отд. прикл. ихт., VII, в. 1, 1927, стр. 5—100.

А. Я. Недошивин и Б. С. Ильин. Рыболовство в водах южного Каспия. Тр. Инст. рыбн. хоз. и пром. исслед., I, 1929, 142 стр.

А. Ф. Невраев. Южное побережье Каспия. Тр. Научн. инст. рыб. хоз., IV, 1929, стр. 350—399.

5. Ряд других работ, особо упоминаемых в тексте. М. И. Тихий любезно сообщил нам неопубликованные данные об уловах в Каспийском море за 1932 г.

6. Относительно подробностей по географическому распространению и биологии упоминаемых ниже рыб отсылаю к моей книге: Рыбы пресных вод СССР, 3-е изд., т. I, 1932; т. II, 1933.

Каспийское море

Общая сумма уловов во всем Каспийском море (без персидских вод), по официальным данным, такова в тысячах центнеров (нужно отметить, что рыбопромысловая статистика включает в уловы Каспийского моря также уловы в дельтах Волги, Урала, Эмбы, Терека, Куры и Атрека; это следует иметь в виду при рассмотрении всех нижеприводимых в этой статье данных об уловах):

	1929	1930	1931	1933	1933 (план)
Сев. Каспий	4127.2	4737.0	4575.0	2741.8	3350
Южн. Каспий[1]	1054.0	1411.6	1509.6	1299.1	1450
	518.12	6148.6	6084.6	4040.9	4800

В предыдущем не приняты во внимание уловы в персидских водах. А. Ф. Невраев дает для персидского побережья за 1909 и 1910—

[1] Сюда официальная статистика относит Дагестан, Азербайджан и Туркмению.

1913 1914 гг. среднюю годовую сумму уловов (рыбы-сырца) 93.4 тыс. ц, для 1926—1927 г. 68.1 тыс. ц.[1]

Общий улов всего Каспия со включением персидских вод можно принять для 1930 г. равным 6250 ц. Если, как это делает А. Н. Державин (Бюлл. всекаст. эксп., 1933, стр. 180), вычислять продуктивность Каспия, не принимая во внимание площадей заливов Кайдак и Карабугаз, лишенных рыбы, т. е. с площади в 415 тысяч кв. км, то мы получим продуктивность на 1 гектар в 15.0 кг.

По громадному количеству доставляемой рыбы Каспий представляет внутренний водоем единственный во всем мире. Уловы в других крупнейших озерах мира — в Великих озерах Сев. Америки, в озере Виктория-Ньянза в Африке, в Аральском море — не могут итти ни в какое сравнение с Каспием. Чтобы иллюстрировать это, приведем данные об уловах в Великих озерах Северной Америки (Онтарио, Ири, Гурон, Мичиган, Верхнее) за тот же 1930 год.[2] Как в части, принадлежащей Соед. Штатам, так и в канадской, все Великие озера, общей площадью в 246 тыс. км², доставили 551.3 тыс. ц рыбы или 2.2 кг на гектар. Если бы их продуктивность была такова же, как Каспия, они должны были бы доставить около 3800 тыс. ц.[3]

Уловы рыбы в Каспийском море составляют от добычи рыбы во всем Союзе процентов:

1929	1930	1931	1932
53.4	49.5	41.6	30.4

Следует отметить, что некоторые из водных ресурсов Каспия пока недоиспользуются промыслом. Таковы тюльки, южнокаспийские сельди, морской судак, местами мелкий частик, бычки, минога, рак и др.

Основные промысловые рыбы Каспия это: вобла, сельдевые, судак, лещ, осетровые, сазан.

В этом списке породы расположены в порядке сообразно с местом, какое занимает данная порода в промысле по весу рыбы-сырца (в ценностном выражении порядок будет, понятно, другой).

Годовая добыча для каждой названной породы (точнее, для каждой названной группы) не менее 100 тыс. ц.

[1] Весьма обстоятельные данные А. Я. Недошивина и Б. С. Ильина (1927, 1929) об отправках рыбы (соленой, мороженой и свежей) с персидских промыслов за путину 1914—1915 г. дают такие цифры (в тыс. центнеров):

красная рыба	11.4
икра красной рыбы	1.6
частиковая рыба	86.4
частиковая икра, рыбий жир, тук	1.2
	99.6

[2] Fishery industries of the United States, 1931, by R. H. Fiedler. U. S. Department of Commerce, Bureau of Fisheries, Washington, 1932, p. 389. (Повторяем: данные по великим озерам относятся к 1930 г.).

[3] А. Н. Державин правильно указывает, что большие глубины Каспия совсем необитаемы промысловыми рыбами. Поэтому он предлагает вычислять продуктивность лишь для глубин от 0 до 150 м или от 0 до 50 м. Последняя ступень имеет площадь в 219 тыс. км² продуктивность ее для 1930 г. выразится цифрой в 28.5 кг с гектара.

Породами второстепенными в рыболовстве Каспийского моря и дельт впадающих в него рек являются (расположены в систематическом порядке):

каспийская минога (*Caspiomyzon wagneri*)
каспийский лосось (*Salmo trutta caspius*)
белорыбица (*Stenodus leucichthys*)
плотва-серушка (*Rutilus rutilus fluviatilis*)
кутум (*Rutilus frisii kutum*)
язь (*Leuciscus idus*)
жерех (*Aspius aspius*)
жерех-хашам (*Aspius aspius taeniatus*)
красноперка (*Scardinius erythrophthalmus*)
линь (*Tinca tinca*)
усачи (*Barbus brachycephalus caspius* и *B. capito*)
шемая (*Chalcalburnus chalcoides*)
уклея (*Alburnus alburnus* и *A. charusini*)
густера («тарань», *Blicca björkna* и *B. björkna transcaucasica*)
белоглазка (*Abramis sapa* и *A. sapa bergi*)
синец («сопа», *Abramis ballerus*)
рыбец на южном берегу Каспия «черноспинка» (*Vimba vimba persa*).
чехонь (*Pelecus cultratus*)
карась (*Carassius carassius* и *C. gibelio*)
сом (*Silurus glanis*)
щука (*Esox lucius*)
берш (*Lucioperca volgensis*)
морской судак (*Lucioperca marina*)
окунь (*Perca fluviatilis*)
бычки (*Gobiidae*)

Переходим к рассмотрению главнейших из названных промысловых рыб.

Вобла (*Rutilus rutilus caspicus*) представлена несколькими географическими формами (подвидами, нациями и расами), из коих первые три обитают в северной части Каспия:

1. *R. rutilus caspicus* (Jakowlew 1870). Астраханская вобла. Обитает в западной части сев. Каспия, в области островов Чечень и Тюлений и кос Суеткиной и Брянской. Согласно А. В. Морозову,[1] главная масса этой формы идет на икрометание в дельту Волги, а меньшая часть мечет икру в Аграханском заливе и в Аликазганском рукаве Терека. Эта вобла подходит к берегу первой и уже в августе приваливает к дельте Волги в промысловых количествах; она залегает в предустьевом пространстве против всей дельты, головной же конец косяка располагается на западе, в районе Оранжерейного промысла.

2. *R. rutilus caspicus* infrasubspecies *jakowlewi* Berg 1933. Яковлевская вобла обитает в центральной части северного Каспия. Для нереста тоже идет в дельту Волги, но, по Морозову, мечет икру позже типичной формы, во второй половине весенней путины (май). Осенью она тоже подходит позже астраханской воблы, в октябре, ноябре; головной конец этого косяка располагается против Белинского банка.

[1] Бюлл. Всекасп. эксп., № 5—6 (1932), 1933, стр. 65, 66.

3. *R. rutilus caspicus* natio *morosovi* Berg 1933. Урало-эмбенская вобла. Восточная часть сев. Каспия — к востоку от уральской борозды. Нерестится в реках Урале и Эмбе.

4. *R. rutilus caspicus* natio *knipowitschi* Pravdin 1927. Астрабадская, или туркменская вобла. Юговосточная часть Каспия: заливы Гасан-кули и Астрабадский, откуда для нереста входит в реки — Атрек, Гюрген, а также в речки, впадающие в Астрабадский залив (Карасу и др.).

5. *R. rutilus caspicus* natio *kurensis* Berg 1932. Куринская вобла. Р. Кура, Кизил-агачский залив, откуда входит в реки; главное нерестилище в р. Кумбашинке; вероятно, эта же форма и в Энзелийском заливе.

Помимо этих форм, так наз. осенняя вобла — как от астраханской, так и от яковлевской воблы — представляет собою, повидимому, особые, озимые расы, которые я называю *biennis*, в отличие от яровых, входящих в Волгу весною.

В Волгу вобла подымается, как правило, не выше дельты; в небольшом количестве иногда доходит до Черного Яра; в дельте Волги мечет икру с конца апреля по начало июня.

Каспийская вобла играет первенствующую роль в нашем промысле. Удельный вес ее, по отношению к добыче всех рыб Союза, был таков:

	1930	1931
Общая добыча всей рыбы в тыс. ц	12 727	14 050
% воблы	21.9	19.4

Уловы воблы в каспийско-волжском районе за 1899—1930 гг. указаны в моей книге «Рыбы пресных вод СССР», 3-е изд., 1932, стр. 322. Здесь же приведем данные по всему Каспию, кроме персидских вод, в тысячах центнеров:

	1929	1930	1931	1932
Сев. Каспий	2017.0	2591.2	2520.2	1209.3
Дагестан	73.1	82.5	76.9	60.9
Азербайджан	21.5	53.0	51.3	43.1
Туркмения	28.0	69.7	80.8	48.7
	2139.6	2796.4	2729.2	1362.0
В % к общему улову в Каспие	41.1	45.5	44.9	33.7

Последняя строка иллюстрирует, какое громадное значение имеет вобла в промысле Каспия.

Средний годовой улов воблы в персидских водах за пятилетие 1909/1910 — 1913/1914 составлял 41.7 тыс. ц, в 1926/1927 г. 23.6 тыс. ц (Невраев).

Если принять средний вес воблы в 200 г, то окажется, что в 1930 г. в Каспийском море и низовьях впадающих в него рек было выловлено не менее 1400 млн. штук воблы.

Сельдевые. Главное значение принадлежит роду *Caspialosa* (каспийско-черноморские сельди). Основными промысловыми видами сельдей являются:

черноспинка (*Caspialosa kessleri*)
волжская сельдь (*C. volgensis*)
каспийский пузанок (*C. caspia typ.*) в средней части Каспия
сев.-каспийский пузанок (*C. caspia aestuarina*)
астрабадский » (*C. caspia persica*)
энзелийский » (*C. caspia knipowitschi*)
большеглазый » (*C. saposhnikovi*)
долгинская сельдь (*C. brashnikovi*) образует ряд географических форм и рас, плохо изученных
куринский пузанок (*C. curensis*).

Кроме того, весьма малое промысловое значение имеют свойственные северной части Каспия: астраханский пузанок (*C. sphaerocephala*) и суворовский пузанок (*C. suworowi*).

Кроме сельдей из рода *Caspialosa*, большим распространением в Каспие пользуется тюлька (род *Clupeonella*), неправильно называемая на Каспийском море килькой. Тюлек в Каспие три вида:

каспийско-черноморская тюлька (*Clupeonella delicatula* Nordmann)
анчоусовидная тюлька (*C. engrauliformis* Borodin)
большеглазая « (*C. grimmi* Kessler = *Harengula macrophthalma* Knipowitsch 1921) [1]

По образу жизни, всех каспийских сельдевых можно разделить на морских, всю жизнь проводящих в море, и проходных, входящих для икрометания в реки, в частности, в Волгу. К последним относятся: черноспинка, волжская сельдь, частью пузанок и каспийско-черноморская тюлька.

Черноспинка подымается по Волге высоко, до устья Оки, входит в Каму и Вятку, а также в Оку. Мечет икру в среднем течении Волги, в районе Саратов — Самара и выше, с июня по август. Волжская сельдь подымается, как правило, не выше нижней Волги; здесь она и мечет икру с середины мая до конца июня.

Пузанок (*Caspialosa caspia aestuarina*) не может считаться типичной проходной формой: он нерестится, преимущественно, в предустьевых частях Волги, в опресненных частях моря, а также в подстепных ильменях, с первой половины мая до середины июня; но входит и в дельту Волги; в промысловых количествах не доходит до Астрахани.

Основными промысловыми видами в настоящее время являются черноспинка, волжская сельдь и каспийский пузанок.

Та форма каспийско-черноморской тюльки (*Cl. delicatula*), которая свойственна каспийско-волжскому району, мечет икру частью

[1] Исследования Каспийской экспедиции (Е. Н. Сергеева и Л. С. Ганешина, Бюллетень, № 5—6, 1933, стр. 43) обнаружили, что названные три вида тюлек хорошо отличаются по числу позвонков и жаберных тычинок; у большеглазой тюльки 44—49 позвонков, в среднем 47; число ветвистых лучей в *A* 14—20; по этим признакам она вполне подходит к *Clupeonella grimmi* Kessler 1877.

в море, перед дельтой Волги, частью в нижней и средней части дельты, со второй половины апреля до начала мая. В средней и южной частях Каспия *Cl. delicatula* не входит в реки и мечет икру в самом море.

Распределение названных видов в массовых количествах таково: *Caspialosa caspia* встречается преимущественно перед устьями Волги, Урала, Эмбы и на кавказском побережье вплоть до Энзелийского района, а зимою в больших количествах в южной части Каспия, черноспинка главным образом, перед дельтой Волги, волжская сельдь перед дельтой Волги, большеглазый пузанок в северозападной части моря, но также по западному побережью, долгинская сельдь в северовосточной и южной части моря, но также по западному побережью.

Каспийско-черноморская тюлька распространена по всему морю — от дельты Волги до южного побережья; анчоусовидная и большеглазая тюльки избегают опресненных вод и в северном Каспие не встречаются. Большеглазая тюлька есть вид пелагический (открытого моря) и пока промыслом не используется. Предметом лова служит почти исключительно каспийско-черноморская тюлька, значительный лов коей производится в дельте Волги и на западном побережье.

Улов всех сельдевых за последние годы был в тыс. ц таков:

	1929	1930	1931	1932
Сев. Каспий	417.0	410.3	169.7	153.7
Дагестан	489.7	522.2	403.1	341.2
Азербайджан	198.6	326.1	493.5	285.4
Туркмения	5.8	9.7	13.3	16.7
Всего	1111	1268	1080	797.0

В персидских водах добывалось очень мало сельди: за 1909/1910—1913/1914 в среднем 0.6 тыс. ц, в 1926/1927 еще меньше — 0.1 тыс. ц. В предыдущие данные включена и тюлька. В 1932 г. тюльки добыто 62.6 тыс. ц, больше всего в Дагестане.

Главная масса сельдей добывается в волго-каспийском районе и по западному побережью моря на юг до Апшерона. Указать количество каждой из добываемых в Каспие пород сельдевых невозможно. Отметим лишь, что в дельте Волги в уловах половину или больше составляет волжская сельдь, второе место занимает черноспинка, а третье — каспийский пузанок

В 1930 г. добыча сельдевых в Каспие составляла свыше 49% от всей нашей добычи сельдей. Но в настоящее время, с развитием промысла сельди на Мурмане, удельный вес каспийского сельдяного промысла уменьшился.

Судак (*Lucioperca lucioperca*). По данным Всекаспийской экспедиции, уловы судака таковы в тыс. ц:

	1927	1928	1929	1930	1931
Волго-касп. район . .	273	227	616	855	775
Дагестан	—	3.6	14.3	ок. 20	2.9
Азербайджан	—	—	—	18.8	29.3

В персидских водах в довоенное время вылавливалось в год в среднем 22.5 тыс. ц, в 1926/1927 гг. 25.5 тыс. ц. Общий улов 1930 г.,

с персидскими водами, составит свыше 900 тыс. ц. Для сравнения можно указать, что необыкновенно богатое судаком Азовское море дало в 1929 г. почти 400 тыс. ц этой рыбы.

Лещ (*Abramis brama*). По данным Всекаспийской экспедиции, уловы леща в волго-каспийском районе были в тыс. ц таковы:

1922/1924	1925/1927	1928/1930	1930
86.5	226.3	253.4	344.9

В дагестанском районе:

1929	1930	1931
5.7	11.4	10,0

В Азербайджане средний годовой улов за 1927/1931 гг. колебался в пределах от 4 до 16 тыс. ц.

Общий улов для 1930 г. можно принять равным 365 тыс. ц. В персидских водах в 1926/1927 г. выловлено 3.5 тыс. ц.

Осетровые. Общий улов всех осетровых во всем Каспие (без персидских вод) по официальным данным таков в тыс. ц:

	1929	1930	1931	1932
Сев. Каспий	101.3	86.1	105.0	96.1
Дагестан	8.6	14.3	20.4	12.5
Азербайджан	32.8	35.0	47.7	41.2
Туркмения	3.6	4.2	4.5	10.1
	146.3	139.6	177.6	159.9

В персидских водах в среднем за пятилетие 1909/1910—1913/1914 добывалось ежегодно 14.2 тыс. ц, в 1926/1927 г. 11.2 тыс. ц.

Осетровые представлены в Каспийском море и низовьях впадающих в него рек осетром, белугой, севрюгой и шипом, расположенными в порядке их промыслового значения (по весу). Стерлядь встречается в дельте Волги, но промысловое значение ее ничтожно.

Осетр (*Acipenser güldenstädti*) в южном Каспие (Кура и др. реки) представлен персидским осетром, *A. güldenstädti persicus*. В Волге нерест происходит в нижнем и среднем течении в мае.

По статистике уловов осетра мы имеем чрезвычайно скудные данные. По данным Всекаспийской экспедиции, в волго-каспийском районе за годы 1920/1929 вылавливалось в среднем 18—19 тыс. ц, с максимумом в 1928 г. в 50 тыс. ц (?), в Азербайджане в среднем за 1922/1931 гг. 11.0 тыс. ц, с максимумом 13.9;[1] в Дагестане в 1930 г. 3.2 тыс. ц, в 1931 г. — 15, в Туркмении в 1928/1931 г. 0.8, максимум 1.0 тыс. ц. Если взять средние цифры за последние годы, то, основываясь на общем улове всех осетровых (см. выше), общий улов осетра для 1930 г. можно принять в 55 тыс. ц без персидских вод. В Персии за 1905/1915 гг. вылавливалось в среднем 46.5 тыс. штук осетра (не считая шипа) весом 7.5 тыс. ц.

[1] По данным В. Н. Беляева (Тр. Азербайджан. рыбохоз. стан., III, в. 3, 1932, стр. 10), в низовьях Куры за годы 1923/1924—1927/1928 в среднем вылавливалось в год 20 640 штук осетров.

Средний вес осетра (без внутренностей), по данным В. Н. Беляева, в уловах таков:

	самки	самцы
Кура	23—24 кг (живой вес 33.4 кг)	23—24 (живой вес)
Волга	18—19	14—15
Огурчинский . .	7.7	6.8

Всего в 1930 г. выловлено в наших водах около 300 000 штук осетров.

Белуга (*Huso huso*). Главные места лова: море перед дельтами Волги и Урала; западное побережье от р. Самур и до границы с Персией; берега Туркмении. На средней Волге мечет икру во второй половине мая. Средний вес промышляемой белуги (без внутренностей), по данным М. Мирзоева, таков в кг: дельта Волги (1927/1930) 34—136, Сулак (1931) 44, Азербайджан (1931) 36—52, Туркмения (1931) 36—52 По данным Всекаспийской экспедиции (стр. 88) и другим вышеупомянутым источникам, уловы белуги в Каспийском море за последние годы, в тысячах центнеров таковы:

	Волго-касп.	Туркм.	Азербайдж.	Дагест.	Перс.
1913	50.3	5.3	12.5	1.8	0.8
1928	25.7	3.3	0.9	—	—
1929	23.2	3.1	2.6	—	—
1930	24.7	2.8	4.6	—	—
1931	—	7.4	13.9	—	—

Общий улов для всего Каспия (без персидских вод) для 1930 г. можно принять в 50 тыс. ц.[1] В персидских водах добывается немного белуги: за 1909/1914 гг. в среднем 2346 штук весом 1293 ц, главным образом, в астрабадском районе. Уловы белуги в процентах к уловам всех осетровых, по данным Всекаспийской экспедиции (стр. 87), за 1881/1931 гг. составляли по весу:

Волго-касп. район	28—50%	
Азербайджан	3—32	
Туркмения	70—98	
Дагестан	8—32	
Персидск. воды	6.6	(1914/1915)[2]

В Куру белуга в настоящее время входит единицами.[3] В каспийско-куринском районе в 1927 г. добыто около 2000 штук белуг.

Севрюга (*Acipenser stellatus*) в южном и среднем Каспие представлена подвидом *cyrensis*. Много севрюги в каспийско-волжском районе и в Куре. В Волгу подымается, как правило, не выше устьев Камы. В Волге нерестится в нижнем и среднем течении, с мая до августа.

[1] Не менее 70 тыс. штук.

[2] По данным Недошивина и Ильина (1927).

[3] В период 1829/1855 гг. в низовьях Куры добывалось в среднем 1004 белуги в год.

Уловы севрюги распределяются следующим образом (по данным Всекаспийской экспедиции, стр. 80—83, а также Недошивина и Ильина, 1927) в тыс. ц:

Районы	средн. довоен.	1926	1927	1928	1929	1930
Касп.-волжский .	38.0[1]	22.3	22.9	26.7	24.7	21.6
Куринский . . .	26.2[2]	20.0	18.4	14.0	14.3	11.2[4]
Дагестанский . . .	5.7	1.9	—	—	—	—
Туркменский . . .	0.8	—	—	0.06	—	0.4
Персидский . . .	3.9[3]	—	—	—	—	—

Общий улов за 1930 г. можно принять примерно в 35 тыс. ц без персидских вод; в персидских водах в довоенное время вылавливалось в среднем 3.9 тыс. ц или 48.8 тыс. штук, главным образом в астаринском районе.

Средний вес севрюги таков (М. П. Борзенко) в кг:

	Самки	Самцы
Дельта Волги (1928/1931) (живой вес) . . .	12.8	7.9
Дагестан (1929/1931) (без внутренностей) . .	10.1	7.9
Кура (Державин) (без внутренностей)	8.0	4.7

Шип (*Acipenser nudiventris*) встречается в южной части Каспия, а в северной только в р. Урале. В Куре его вылавливают ежегодно 2.5—3 тыс. штук весом 500—600 ц,[5] в персидских водах за год 1914/1915 поймано 1108 штук, весом 220 ц почти исключительно в сефидрудском районе. Уловы на Урале ничтожны — 30—40 ц. Общий улов шипа во всем Каспие, вероятно, не достигал в 1930 г. 1000 ц.

Стерлядь (*Acipenser ru henus*) в ничтожном количестве встречается в дельте Волги.

Общий итог приведенных подсчетов по отдельным породам осетровых для Каспия для 1930 г. таков в тыс. центнеров:

	СССР, 1930	Персия, 1909/1914
осетр	55.0	8.7
белуга	50.0	1.4
севрюга	34.0	3.9
шип	0.7	0.3
	140.7	14.2

Официальная статистика за 1930 г. дает для наших вод 139.6 тыс. ц красной рыбы — схождение очень хорошее (возможно, что улов осетра принят нами несколько выше реального). Общий улов осетровых по всему Каспию для 1930 г. — около 150 тыс. ц, со включением персидских вод.

Сазан (*Cyprinus carpio*), по данным В. В. Нетрова, в промысловых количествах в среднем Каспие не встречается. Районы его рас-

[1] Средн. за годы 1898/1914.
[2] Средн. за годы 1911/1915.
[3] Средн. за годы 1909/1914.
[4] В штуках: 172 200. В 1926 г. выловлено 306 тыс. штук.
[5] За период 1841/1855 гг. в низовьях Куры вылавливалось в среднем в год 10 502 шипа.

пространения: на севере — до Сулака и Мангышлака, на юге — к югу от линии устье Куры — залив Гасан-кули. Данных об уловах в Дагестане нет. Уловы по прочим районам в тыс. ц:

	1927	1928	1929	1930	1931
Сев. Каспий	133	105	86	85	—
Азербайджан	39	39	24	33	57.5
Туркмения	—	13	9	4	5.5

В персидских водах вылавливалось до войны в среднем 13.5 тыс. ц.

Переходим теперь к второстепенным промысловым рыбам Каспия. Ввиду неудовлетворительности статистики, по этим рыбам еще труднее дать точный подсчет уловов. Мы можем коснуться здесь лишь главнейших рыб из этой категории.

Морской судак (*Lucioperca marina*) приурочен к южному и среднему Каспию; главные промысловые места: на западе от Сумгаита до Астары, на востоке — от Мангышлака до о-ва Огурчинского. Улов морского судака в Азербайджане за последние годы составлял около 7 тыс. ц, в Туркмении в 1930/1931 г. — 16—22 тыс. ц. Современные уловы морского судака в Каспие оценивают в 30 тыс. ц, но возможные уловы гораздо выше.

Сом (*Silurus glanis*). Уловы в волго-каспийском районе за 1927/1931 гг. давали от 21 до 58 тыс. ц. В Дагестане, где сом ловится главным образом, в низовьях Терека и в Аграханском заливе, уловы 1929 г. составили 12.3 тыс. ц, 1931 г. — 9.6 тыс. ц. В Азербайджане много сома дает Кура; за пятилетие 1926/1930 гг. средний годовой улов сома во всем Азербайджане составлял 18.8 тыс. ц; в 1928 г. выловлено 26 тыс. ц, в 1931 г. — 16 тыс. ц. Общий улов по всему Каспию (без персидских вод) для 1930 г. можно оценить в 70 тыс. ц.

Щука (*Esox lucius*) изобилует в дельте Волги, но в Урале ее мало. Уловы в каспийско-волжском районе:

	1927	1928	1929	1930
тыс. ц	55.7	66.3	63.3	28.4
млн. шт.	—	18.6	18.2	5.1

Уловы Дагестана можно оценить в 1 (?) тыс. ц. В других районах уловы щуки ничтожны.

Кутум (*Rutilus frisii kutum*). Главные промысловые районы — заливы Кизил-агачский (р. Кумбашинка) и Энзелийский. Средний годовой улов в азербайджанских водах за 1923/1932 гг. 10.6 тыс. ц, за 1932 г. 28.1 тыс. ц; в тысячах штук в среднем за 1924/1928 гг. 305.2 (из них в Кумбашинке 234.5).

В персидских водах за путину с 1 VI 1914 по 1 VI 1915 г. (старого стиля) добыто 443 341 штука кутума, весом около 8.1 тыс. ц, преимущественно в астрабадском районе. Это был с 1910 г. самый богатый кутумом год. Средний годовой улов за 1910/1915 г. давал в персидских водах 248.3 тыс. штук.

Жерех (*Aspius aspius*) в южной части моря представлен подвидом, носящим местное название хашам (*A. aspius taeniatus*). В каспийско-

волжском районе в 1926 г. выловлено 47.1 тыс. ц, в 1927 г.— 45.5 тыс. ц. Такова цифра за 1927 г., согласно данным Всекаспийской экспедиции (стр. 132); она представляется мне более вероятной, чем приводимая М. П. Борзенко (Тр. Азербайдж. рыбохоз. стан., III, в. 1, 1932, стр. 20) 104.9 тыс. ц (11 787 тыс. штук) для того же года. В следующие годы уловы спустились до 24—29 тыс. ц. Урало-эмбенский район дал в 1927 г. 6.8 тыс. ц, азербайджанский 2.8 тыс. ц. Общий улов со включением Дагестана для 1930 г. можно оценить в 45 тыс. ц.

Каспийский лосось (*Salmo trutta caspius*) встречается в промысловых количествах по западному берегу, начиная Тереком, и по южному, кончая р. Бабуль на востоке. Главнейшая нерестовая река Кура. В Волгу входит единичными экземплярами.[1] В каспийско-куринском районе выловлено центперов:

1926	1927	1928	1929	1930	1931
3430	2733	2671	2224	2400	2000

Уловы Дагестана в 1930 г. 0.4 тыс. ц, в 1931 г. 1.6 тыс. ц. В персидских водах в довоенное время за год добывалось в среднем всего 92 ц (1205 штук).

Белорыбица (*Stenodus leucichthys*) входит в Волгу и Урал; ловится также по западному берегу моря. В 1926 г. в каспийско-волжском районе (включая весь бассейн Волги) добыто 40 000 штук весом около 2900 ц. У берегов Дагестана[2]:

1928 г.	2820 шт.	весом	221 ц
1927 »	3876 »	»	315 »
1926 »	2570 »	»	224 »

По западному берегу белорыбица в промысловых количествах распространена на юг до г. Махач-калы.

Для 1929 г. М. И. Тихий (1933, стр. 103) исчисляет общий улов белорыбицы в 61 тыс. шт. весом 4336 ц, из коих на дельту Волги и море приходятся 59 тыс. шт. весом 4200 ц.

Каспийская минога (*Caspiomyzon wagneri*) входит в больших количествах в Волгу и Куру, но промысел ее пока мало развит. В 1926 г. в нижнем течении Волги добыто 8.4 тыс. ц, в 1927 г. 4.9 тыс. ц. В 1927 г. в каспийско-куринском районе всего 40 тыс. штук или 28 ц.

Шемая (*Chalcalburnus chalcoides*) в настоящее время в небольших количествах ловится в Тереке и Куре. Основные нерестилища находятся в Куре. В 1928 г. в Кизляре принято 3861 шт. шемаи, добытой в Тереке, в районе Кизляра (Дмитриев, 1929). Средний годовой улов в низовьях Куры за годы 1922/1928 равен 64 750 шт. (В. Беляев. Тр. Азербайдж. рыбохоз. стан., III, в. 3, 1932, стр. 18). В Астрабадском районе за 1914/1915 г. добыто 2680 штук.

[1] По данным А. Н. Державина („Природа", 1934), в 1928 г. в каспийско-волжском районе добыто 187 лососей, средним весом 8.7 кг.

[2] П. Осокин. Уловы белорыбицы у дагестанских берегов Каспия. Изв. Дагестан. ихт. лаб., I, 1929, стр. 64.

Мелкий частик. Мы уже говорили выше, каких рыб включают на Каспие в группу мелкого частика. Сюда же можно отнести бычков (*Gobiidae*), пока промыслом не используемых. Уловы мелкого частика, по официальным данным, таковы в тыс. ц:

	1929	1930	1931	1932
сев. Каспий	382.0	300.0	272.2	412.9
южн. Каспий	4.7	12.0	9.5	30.4
	386.7	312.0	281.7	443.3

Подводя итог уловам в Каспию и в дельтах впадающих в него рек (не считая персидских вод), получаем следующую таблицу (тысячи центнеров) для 1930 г.:

вобла	2796.4
сельдевые	1268.3
судак	890
лещ	365
осетровые	139.6
сазан	125
сом	70
жерех	45
морской судак	30
щука	30
кутум	20
белорыбица	4.2
лосось	2.8
мелкий частик	312.0
	6149

ПРИТОКИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Дать точный подсчет уловов в притоках Каспийского моря невозможно, так как рыболовная статистика приурочена не к бассейнам рек, а к сферам деятельности трестов. Но так как некоторые тресты работают исключительно на реках, принадлежащих к бассейну Каспия, то, привлекая данные исследования Института озерного и речного рыбного хозяйства, а также литературные материалы, можно составить приблизительное представление о количестве товарной продукции с бассейнов Волги, Урала, Терека, Куры. Таковая для 1930 г. составляет около 300 тыс. ц, не считая уловов в дельтах.

Нижневолжский край. По данным М. И. Тихого (1933, стр. 12), в Нижневолжском крае, в районе малого рыболовства, товарная продукция в 1930 г. составляла в тысячах центнеров:

Районы	красн.	белорыбица	сельдь	вобла	минога	крупн. част.	мелк. част.	Итого
Енотаевский	1.7	0.003	10.5	4.3	4.7	30.8	23.1	75.1
Владимировский	0.7	—	0.7	—	0.4	9.4	8.8	20.0
Сталинградский	0.9	0.013	0.3	—	1.2	9.7	11.4	23.6
Камышинский	0.4	0.035	0.2	—	0.04	2.3	2.0	5.1
Вольский	0.3	0.002	0.06	—	—	5.6	5.7	11.7
Респ. немцев	0.8	0.048	0.5	—	0.06	5.7	3.7	10.7
Итого	4.8	0.1	12.3	4.3	6.4	63.6	54.8	146.1

Валовую добычу по нижней Волге М. И. Тихий исчисляет в 55 тыс. ц для Волги и 200 тыс. ц для Волго-Ахтубы.

Волго-Ахтуба имеет своеобразный характер: здесь еще в Енотаевском районе в промысловых количествах встречается вобла, имеет большое значение сельдь, здесь много осетра, и есть стерлядь (2.5%, Тихий).

Средневолжский край. Товарная продукция в 1930 г. составила 19.8 тыс. ц, из коих на долю проходных рыб приходится менее 2%. Одна из главных промысловых рыб — это лещ. Повсеместно распространена стерлядь. О распределении пород (в процентах) можно судить по данным 6. Ульяновского союза рыбаков, принявшего в 1930 г. 4130 ц (Тихий):

лещ	25.0	сом	2.9	белуга	1.0	полумерная	10.0
щука	11.0	язь	2.9	налим	1.0	мелочь	27.0
судак	6.6	карась	1.1	окунь	0.6	малек	5.2
стерлядь	4.5	осетр	1.0	белорыбица	0.3		

Мелочь в данном районе состоит из леща, чехони, плотвы, язя, белоглазки, синца, судака, густеры и др.

По данным М. П. Тихого, утечка на сторону составляла в 1930 г. 11 тыс. ц; следовательно, валовая продукция равна 19.8 + 11.0 тыс. ц = = 30.8 тыс. ц.

Товарная продукция по Татарской республике составила в 1930 г. 14.6 тыс. ц, в 1931 г. 18.9 тыс. ц, в 1932 г., по официальным данным, 19.1 тыс. ц.[1]

Распределение пород в Волге в пределах Татарской республики по данным с 1 VIII 1930 по 1 VIII 1931 г. (% по весу):

лещ	10.1	карась	1.7	налим	0.1
стерлядь	7.1	сом	1.1	отворот	40.4
щука	4.8	осетр	0.9	полубрань	16.4
судак	2.5	белуга	0.7	брань	14.2

За этот период в Волге в пределах Татарской республики выловлено 5.1 тыс. ц, тогда как во всей Татарской республике 16.2 тыс. ц.

Отворот состоит, главным образом, из «сопы» (*Abramis ballerus*) и леща, полубрань — главным образом, из леща, «сопы», плотвы, язя, густеры, брань — главным образом из язя, леща, щуки.

Горьковский (6. Нижегородский край). Товарная продукция в 1930 г. 21 337 ц, из них по р. Волге 11 112 ц.[2] Валовую продукцию по всему краю Я. А. Ремез исчисляет в 42 674 ц (за 1930 г.[3]). Товарная продукция 1929 г. составляет 21.4 тыс. ц, 1931 г. 23.8 тыс. ц.

[1] М. В. Логашев. Рыбное хозяйство р. Волги в границах Татарской республики. Изв. Инст. озерн. и речн. рыбн. хоз., XVII, 1933, стр. 86.

[2] Я. А. Ремез. Рыбное хозяйство Нижегородского края. Н. Новгород, 1932, стр. 64.

[3] Ib., стр. 12.

Ивановский (б. Иваново-Вознесенский) край. По официальным данным, товарная продукция за 1930 г. 12.5 тыс. ц, за 1931 г. 20.6 тыс. ц, 1932 г. 20.5 тыс. ц.

Московская область дала, по официальным сведениям, в 1930 г. 14.6 тыс. ц, в 1931 г. 24.7 тыс. ц, в 1932 г. 18.0 тыс. ц (не считая прудового хозяйства).

По отдельным водоемам имеются расчеты Н. И. Кожина, относящиеся к валовой продукции:[1]

Р. Ока. Общий годовой улов по р. Оке исчисляется в 6750 ц.

Р. Москва. Улов верхнего плеса (выше г. Москвы) 100 ц. Улов нижнего плеса (ниже г. Москвы), точнее от с. Коломенского, 900 ц. Р. Пахра до 150 ц. По отдельным породам улов р. Москвы распределяется так: судак и крупный окунь 10%, карась и линь 30%, лещ и щука 30%, жерех и язь 10%, мелкий окунь, ерш, плотва и прочие 10%.

Р. Клязьма 500 ц, р. Молога 300 ц.

Общий итог по Московской обл. 8850 ц. Если же прибавить прочие реки Московской обл., то весь речной улов этой области можно определить примерно в 10 тыс. ц. Озер в Московской обл. до 500, общей площадью в 36 тыс. га. Современная производительность их определяется в 9 тыс. ц. Общая производительность естественных водоемов Московской области 19 тыс. ц (Кожин, стр. 8).

Бассейн Камы в пределах Башкирии. По данным А. В. Подлесного,[2] в бассейне Камы в пределах Башкирии продуктивность такова:

1. Заливные озера систем рр. Белой, Уфы и Демы	9 000 ц
2. Реки Белая, Уфа (с белорыбицей) и Дема в нижнем течении	4 925
3. Реки Белая, Уфа, Дема в среднем и верхнем течении и др. . . .	ок. 1 000
	ок. 14 900 ц

По официальным данным, в пределах всей Башкирии (включая и уральские озера восточного склона, не входящие в наш обзор) получено товарной продукции в 1930 г. 15.1 тыс. ц, в 1931 г. 25.2 тыс. ц.

Верхняя Волга. По данным М. И. Тихого, товарная продукция верхней Волги для 1931 г. равна 7.6 тыс. ц (из них: Бейшлот 2 тыс. ц, Селигер 4.2 тыс. ц и Вышневолоцкое водохранилище 1350 ц).

Урал (без низовьев).[3] По данным М. В. Логашева, добыча рыбы в р. Урале выше пос. Харкина в 1931 г. составляла 15.2 тыс. ц (валовая 22.1 тыс. ц), а со включением оз. Чархал (валовая) 33.1 тыс. ц. Выше Оренбурга в уловах преобладает подуст, местами составляющий 90% улова (по весу). В Оренбургском районе он составлял в 1931 г. 38%; 18.7% падало на леща, 8.1% на судака. Ниже Лбищенска заметную роль играет вобла.

[1] Н. И. Кожин. Реконструкция рыбного хозяйства Московской области. М. 1931.

[2] А. В. Подлесный. Краткий очерк рыбного хозяйства Башкирии. «Хозяйство Башкирии», 1931, № 5—6, стр. 99.

[3] Низовья входят в подсчеты Каспийского моря.

Общий подсчет товарной продукции по всему бассейну Каспия для 1930 г.

Каспий без персидских вод	6148.6	тыс. ц
Персидские воды	100	(?)
Нижневолжский край	146.1	тыс. ц
Средняя Волга	19.8	» »
Татарская республика	14.6	» »
Нижегородский край	21.3	» »
Ивановская область	12.5	» »
Московская область	14.6	» »
Верхняя Волга	7.6	» »
Бассейн Камы и Башкирии	14.9	» »
Р. Урал выше пос. Харкина, со включением оз. Чархал	22.0	» » (1931)
Армения	7.8	» »
	6529.8	тыс. ц

В предыдущем не приняты во внимание Кама выше Чистополя,[1] Терек в среднем и верхнем течении[2], Кура в среднем и верхнем течении[5] Если прибавить все эти водоемы, то общий улов для 1930 г по всему каспийскому бассейну составит цифру около 6550 тыс. ц или свыше 52% от добычи рыбы во всем Союзе.

Таким образом, весь бассейн Каспия, кроме самого моря и дельт впадающих в него рек, дает около 300 тыс. ц.

II. Тюлень

Каспийский тюлень, *Phoca (Pusa) caspica*, за период 1907/1915 гг добывался ежегодно в среднем в количестве 116. 1 тыс. голов, с колеб аниями от 50.8 до 176.9 тыс. Максимальная добыча приходится на 1879 г. — 225 тыс. голов (по данным статистики с 1867 г.).

За послевоенное время имеются данные лишь о весе добытого тюленя, точнее — о весе шкуры с салом. Средний вес шкуры с салом равен 18 кг.

Добыча в центнерах:[3]

1919	2 496	1926	17 534
1920	38	1927	9 026
1921	1 377	1928	—
1922	3 770	1929	6 900
1923	5 246	1930	13 100
1924	5 215	1931	7 100
1925	12 978		

Таким образом, максимальная послевоенная добыча составляет 97.4 тыс. голов (1926).[4]

[1] По данным М. Н. Тихого, в Каме выше Чистополя в 1931 г. добыто 2.7 тыс. ц.

[2] Все водоемы Грузии дали в 1930 г. 24.9 тыс. ц.

[3] С. В. Дорофеев и С. Ю. Фрейман. Тр. Науч. инст. рыбн. хоз., III, в. 3, 1929 стр. 30—31. Пищевая промышл. за 1929/1932 г. М. 1933, стр. 97.

[4] Другие (А. Н. Роганов. Тр. Волго-касп. рыбохоз. стан., VII, в. 4, 1931 стр. 3), полагая вес шкуры с салом в 16 кг, принимают добычу 1926 г в 109.6 тыс. штук.

III. Раки

В Каспийском море имеется два вида раков: толстоногий *Potamobius pachypus* и в опресненных частях длиннопалый *P. leptodactylus*; последний широко распространен в бассейне Волги. В настоящее время лов раков в Каспийском море не имеет промыслового значения, но в довоенное время его вылавливали в Красноводском заливе от 4 до 6 миллионов штук в год (Н. Шавров. Рачий промысел в Красноводском заливе. Вестн. Рыбопр., 1910, стр. 293—308).

Кустарный лов рака ныне производится с сентября по март. Много рака в северозападной части моря, от Бирюзяка до Лопатина, затем у берегов Азербайджана и Туркмении. Чугунова и Егерман считают (Бюлл. Касп. эксп. № 5—6, стр. 138), что Каспийское море может дать ежегодно от 16 до 26 млн. штук раков, весом 15—28 тыс. ц.

В довоенное время много раков (*P. leptodactylus*) добывалось в восточных подстепных ильменях дельты Волги, лежащих по верхнему и среднему течению р. Кигача (это самый восточный из проточных рукавов р. Волги). В этих ильменях и в соседних перед войной добывалось свыше 500 тыс. шт. раков, которые доставлялись в Астрахань. Кроме того, в Астрахань поступало еще ежегодно около 300 тыс. шт. из оз. Цаца (в системе сарпинских озер). Почти все эти 800 тыс. штук потреблялись на месте, в Астрахани.[1] Каково положение этого промысла в настоящий момент, мне неизвестно.

Кустарный промысел рака производится во многих местах в бассейне Волги, но учесть его производительность невозможно.

IV. Моллюски

В самые последние годы у нас стала развиваться добыча моллюсков для получения перламутрового сырья. Используются различные виды родов *Unio* и *Anodonta*. Пока в литературе имеется очень мало сведений о запасах моллюсков в реках, и мы можем сообщить только некоторые отрывочные данные, которые могут дать приблизительное представление о количестве запасов в некоторых реках бассейна Волги. По сообщению экспедиции, работавшей в 1932 г. под руководством В. И. Жадина в пределах Горьковского (б. Нижегородского) края, в р. Оке от Мурома до Новинок обнаружено 114 тонн «условно-промысловых» моллюсков; но так как исследованы не все затоны, то «общее количество условно-промысловых моллюсков в Оке и ее затонах в пределах Горьковского края можно принять равным около 300 тонн.[2] О плотности расположения моллюсков можно судить по следующей

[1] К. А. Киселевич. Раковый промысел в восточных ильменях волжской дельты. Вестн. рыбопр., 1915.

[2] В. И. Жадин. Отчет об экспедиционных работах в Горьковском крае по определению запасов перламутрового сырья. Рукопись 1933 г. в архиве Всес. Инст. озерн. и речн. рыбн. хоз.

таблице, показывающей среднее количество унионид в Карачаровской старице р. Оки на 1 м²:

на глубине	0.5 м	1.0 м	1.5
штук	67	41	8
условно-промыслов. . . .	1/3	0	0

Видовой состав моллюсков таков: *Unio pictorum*, *U. tumidus*, *U. crassus*, *Anodonta anatina*, *A. cygnea*; преобладают *U. pictorum*, *U. tumidus*, *Anodonta*.

В реке Оке вне пределов Горьковского края обследован участок от границы края (с. Санчур) до Кузьминского шлюза. Запасы исчислены примерно в 3000 тонн (Жадин).

В том же 1932 г. произведено обследование запасов *Unionidae* в Башкирии, в бассейне р. Ай (р. Ай — приток р. Уфы):[1]

	Общий запас *Unionidae* (в тоннах)	Кондиц. сырье (в тоннах)
р. В. Ик и его притоки	100—120	50—55
р. Ср. Ик	70—80	40
р. Н. Ик	100	50
р. Ока, приток Н. Ика	200	90—100
р. Ай	500	250
	1000	500
р. Белая и ее притоки	500—600	—

ПРЕНИЯ

Вопрос. Как вы относитесь к изолированности Урало-эмбенского района в биологическом отношении?

Л. С. Берг. В отношении воблы имеются литературные данные, указывающие, что здесь живет особая форма, отличная от воблы, входящей в Волгу; я выделил ее как natio *morosovi*.

Вопрос. Докладчик не сказал о колебании уловов, синхронично или несинхронично происходят эти колебания? Какова точка зрения докладчика о причинах колебаний?

Л. С. Берг. Авторы, которые писали по вопросам о колебаниях уловов в Каспие, выдвигают климатическую точку зрения. Конечно, очень большое значение имеет интенсивность промысла, но если этот факт элиминировать, то авторы отмечают связь уловов с многоводностью рек. Что касается абсолютных уловов, то в середине XIX века, во время экспедиции Бера и Данилевского, общий улов был 1800 тыс. ц, для 1930 г. он составляет 6200 тыс. ц.

С места. Для меня было очень интересно и ценно услышать сведения Л. С. Берга о тех видах рыб, которые пока еще не использованы и представляют большое значение для будущего. Мы, конечно, должны

[1] Д. И. Мансветов. Отчет по выявлению запасов пресноводных моллюсков семейства *Unionidae*, годных для перламутровой промышленности. Рукопись 1933 г. в архиве Всес. Инст. озерн. и речн. рыбн. хоз.

считаться с интересами будущего человечества, и в этом отношении Каспийский бассейн и Каспийское море должны оценивать как громаднейший фонд для будущего человечества.

Л. С. Берг. Пока недостаточно используются промыслом южнокаспийские сельди, тюльки, морской судак, бычки, минога, местами мелкий частик, раки.

Мне указывают, что я ничего не сказал относительно влияния гидроэлектрического строительства на рыболовство. Я это сделал умышленно, так как этот вопрос будет рассматриваться завтра, а сегодняшний доклад дает только материал для завтрашних прений. Поэтому ни я, ни Н. М. Книпович о влиянии на рыболовство гидроэлектрического строительства не говорили.

Председатель. Завтра 29 ноября этот вопрос будет рассматриваться в нашей секции, которая будет заседать вместе с техниками.

(Заседание закрывается)

СЕКЦИИ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

ОБЪЕДИНЕННОЕ ЗАСЕДАНИЕ 29 НОЯБРЯ 1933 г.

Председательствует акад. С. А. Зернов.

Председатель. Слово предоставляется проф. Н. М. Книповичу для доклада на тему «Влияние проектируемых гидротехнических сооружений на рыбное дело Каспийского и Азовского морей».

Н. М. КНИПОВИЧ

ВЛИЯНИЕ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА РЫБНОЕ ДЕЛО КАСПИЙСКОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ

Блестящие достижения гидротехнических сооружений и те широкие перспективы, которые развертывались в будущем при дальнейшей работе в этом направлении, имели следствием на первых порах недостаточное внимание к отрицательным сторонам некоторых из гидротехнических сооружений.

Это относилось даже к такого рода гидротехническим сооружениям, которые задевали самым существенным образом важнейшие из наших водоемов, в частности — по отношению к рыболовству. В особенности характерно это именно по отношению к лучшему, что мы имеем в пределах Союза, т. е. к Каспийскому морю.

Первоначально совсем не принимались в расчет потребности рыбного дела Каспия, играющего, между тем, в государственной жизни очень серьезную роль.

Теперь положение несколько изменилось. Острота этого вопроса смягчилась тем, что наиболее опасное с точки зрения рыбо-хозяйственной,—сооружение Камышинской плотины, повидимому, отсрочивается, переносится в неопределенное будущее. К сожалению, однако, оно только переносится. Угроза остается в будущем, и, кроме того, во всем, что по этому поводу говорится, не предусматриваются в достаточной мере некоторые общие стороны вопроса, на которых мне и хочется остановить внимание собрания.

Теперь по вопросу о сохранении Каспия, повидимому, все более и более общепринятой является такая точка зрения, что Каспий с его рыболовством надо, во что бы то ни стало, отстоять. Предполагаются для этого такого рода предприятия, которые очень существенно отзовутся на некоторых других водоемах и, в частности, на Азовском море с его реками. Этим двум вопросам мой краткий доклад и будет посвящен.

Я начну с некоторых общих вопросов, о которых, как я уже упоминал, насколько мне известно, не было речи.

Уже в начале XX века было установлено вне всяких сомнений громадное значение притока воды с суши и, в частности, притока речной воды в нашем рыбном деле. Теперь это уже не подлежит никаким сомнениям. Мы знаем, что притоком речной воды определяется даже различие в продуктивности океанов. В самом деле, если мы сопоставим продуктивность трех океанов — Атлантического, Индийского и Тихого — и обратим внимание на то, каковы условия снабжения их пресной водой, то окажется, что продуктивность тем больше, чем более обилен приток именно речной воды. От этого зависит общая и промысловая продуктивность океана. Конечно, продуктивность варпирует в пределах каждого океана в зависимости от местных условий той или иной его части, но значение притока речной воды выступает чрезвычайно ярко. Если сравнить условия водоснабжения Тихого океана с условиями водоснабжения Атлантического (я не могу входить в подробности, так как это потребовало бы много времени), то мы увидим, что Атлантический океан находится в значительно более благоприятных условиях, чем Тихий, и давно уже произведенные исследования различных экспедиций показали, что в открытых частях Тихого океана поражает бедность флоры и фауны по сравнению с тем, что мы наблюдаем в Атлантическом океана. Примеров и доказательств влияния притока воды с суши на продуктивность имеется столько, что данный вопрос стоит вне всяких сомнений.

Что создает такую исключительную роль, такое большое значение притока речной воды? Тут мы встречаемся с тем, что, как это тоже определилось уже в начале этого века, а при дальнейших исследованиях выступило еще более ясно и отчетливо во всех деталях, в составе солевой массы водоемов мы встречаем такие составные части, в которых живущие здесь организмы не испытывают недостатка, они всегда в избытке; но рядом с этими веществами в состав солевой массы входят некоторые вещества, которые всегда являются дефицитными; они содержатся всегда в относительно малых количествах. Возьмем ли мы какие-нибудь океаны, моря или озера, эти вещества всегда содержатся в малых количествах. Но именно количеством некоторых из этих веществ определяется продуктивность водоемов. Эти вещества — соединения азота, соединения фосфора, а по отношению к некоторым растениям — кремнекислота. Могут иметь значение и различные другие дефицитные составные части солевой массы, но имеют первенствующее значение соединения азота и соединения фосфора.

Здесь перед нами выступает с полной наглядностью, с полной эффектностью закон минимума, данный когда-то Либихом. Дело в том, что соединения азота и соединения фосфора содержатся в таких малых количествах и так энергично потребляются хлорофиллоносными растительными организмами, главным образом хлорофиллоносным фитопланктоном, что этих веществ часто не хватает и из-за них останавливается дальнейшее развитие, увеличение количества растительных

организмов, а следовательно и животных, так как животный мир живет на счет растительного и в целом является паразитом на теле хлорофиллоносных растений. Вся живая природа, помимо хлорофиллоносных растений, является как бы паразитом на хлорофиллоносных растительных организмах. С этим и приходится считаться.

Мы очень часто, просматривая работы, в которых изучается количество этих дефицитных веществ в разные времена года, видим, что там стоят нули, т. е. таких веществ вовсе не было обнаружено. Было бы, конечно ошибкой думать, что их там вовсе не было; эти нули означают только то, что количество их было уменьшено до такой степени, что обыкновенный анализ присутствия этих веществ уже не обнаружил; другими словами, голод по отношению к этим веществам характеризовал состояние флоры, а следовательно и всего органического мира данного водоема.

Мы можем сказать с полной уверенностью, что главным источником этих веществ во всех водоемах, не исключая океана и морей, являющихся частью Мирового океана, — является приток воды с суши. Отсюда вытекают некоторые, очень простые, очень ясные и совершенно бесспорные практические следствия. Всякий каптаж речной воды в значительных размерах неизбежно понижает продуктивность водоема, в который реки впадают, а также продуктивность самих этих рек. Какую продуктивность? С одной стороны, общую продуктивность, т. е. общее количество организмов, которые данная вода может дать, с другой, как следствие этого, промысловую продуктивность, т. е. то количество животных, которые служат объектом промысла.

Этот первый вывод общего характера имеет чрезвычайно важное значение. Если мы хотим действительно вдумчиво отнестись к тому, какое значение могут иметь различные гидротехнические сооружения для рыбного дела, мы должны притти к довольно неутешительному выводу — большой каптаж воды содействует всегда понижению продуктивности данного водоема.

По этому поводу позвольте прибавить еще, что в очень резкой форме на отдельных водоемах можно наблюдать влияние даже таких различий, как большая или меньшая полноводность года. Если год характеризуется большим притоком воды с суши, можно с совершенной уверенностью сказать, что это повлечет за собой большое развитие фитопланктона, более благоприятные условия выкармливания мальков рыб, что в конце концов через столько лет, сколько требуется для того, чтобы малек превратился в промысловую рыбу, даст соответствующее изменение в этом направлении; наоборот, маловодный год через несколько лет — для большинства рыб около трех-четырех лет — даст ухудшение условий промысла.

Во избежание недоразумений необходимо сделать одну очень существенную оговорку. Не следует забывать, что в природе мы имеем дело с очень сложным комплексом различных факторов, и комбинация других факторов может замаскировать то основное явление, о котором я говорю, но оно не перестает из-за этого быть основным. Совершенно бесспорно, что во многих случаях влияние притока воды

с суши проявляется с такой ясностью, такой очевидностью, какую только можно пожелать.

Следует иметь в виду, что лишение водоема известного количества воды, несущего питательные вещества для растений, сопровождается еще некоторыми явлениями, которые могут существенно отражаться на рыбном деле. При благоприятных условиях питания увеличиваются те базы, на которых стоит промысел. Кроме того, во всех значительных реках большое значение имеет и промысел в самой реке, в низовьях рек; это относится и к южным водоемам, и к другим. Относительно некоторых водоемов мы имеем детальные, подробные исследования, которые выдвигают перед нами роль речной воды с необычайной ясностью, не допускающей никаких сомнений.

Уменьшение притока пресной воды с суши влечет за собою не только уменьшение количества необходимых питательных веществ. Раз уменьшается приток пресной воды, то увеличивается соленость водоема, и если мы имеем дело с такими водоемами, в которых фауна преимущественно состоит из солоновато-водных животных, то это не может не отражаться вредно на их количестве. Прежде всего особенно чувствительными в этом отношении являются организмы, относящиеся к фитопланктону, а если уменьшается количество фитопланктона, то ухудшаются условия питания животных. Следует иметь в виду, что осолонение сопровождается целым рядом гидрологических следствий, которые мы со счетов сбросить не можем. Так, с повышением солености водоема изменяется температура наибольшей плотности и замерзания, получаются другие предельные температуры, которые для некоторых из организмов могут решать вопрос о жизни в неблагоприятном для организма смысле. Не стану указывать других следствий, но они, во всяком случае, играют известную роль, и забывать о них нельзя. При этом перед нами вскрывается еще одно обстоятельство, с которым мы часто сталкиваемся в южных водоемах. Если водоем населен такой рыбой, в которой резко преобладают те формы, которые биологически связаны с пресной водой, которые или вообще живут в пресной воде, или проводят там часть жизни, или там размножаются, то понижение притока пресной воды отражается еще более сильно и в известных случаях может даже быть гибельным для промысловых рыб.

Здесь перед нами выдвигается в высшей степени важный вопрос о значении весеннего половодья, о значении подъема воды в это время и о значении полоев. В наших наиболее продуктивных южных реках, в Волге и в Дону, фауна промысловых рыб состоит, главным образом, из форм, связанных с пресной водою. Это частью пресноводные рыбы, частью проходные или полупроходные, т. е. те, которые размножаются в пресной воде и там в первое время живут и выкармливаются их мальки. В зависимости от того, насколько эти условия выкармливания благоприятны, более или менее благоприятны будут и результаты.

Важное значение имеет уровень воды во время половодья и продолжительность периода, в течение которого остаются под водою залитые пространства.

Очень интересны данные относительно Дуная. Там, в зависимости от большого или меньшего половодья, наблюдаются колебания уловов в размерах до 7 раз.

Из сказанного вытекает еще одно следствие, с которым приходится считаться, когда проектируются гидротехнические сооружения: это — нарушение нормального стока воды. Если важное значение имеют полои, их величина и пространство, залитое полоями, то отсюда вытекает неизбежное практическое следствие, очень интересное. Представим себе, что никакого каптажа воды нет, что пресная вода не изъемлется на орошение и на другие нужды, но что просто сток воды перераспределяется. Вместо того, чтобы давать весенний подъем и мощное половодье, сток воды распределяется более или менее равномерно в течение года. Кажется, что ничего не изменилось: воды нисколько не взяли, сколько было — столько и осталось. Мы только перераспределили.

Однако из сказанного вытекает, что это совсем не так. Если мы перераспределили сток воды и уменьшили полои, то этим самым мы создали условия, менее благоприятные для развития той базы, на которой строится весь промысел. С этим обстоятельством приходится считаться. В наших южных водах преобладают, как было уже отмечено, рыбы, связанные биологически с пресной водой. Судьба рыболовства в высокой степени зависит от условий размножения и от условий развития молоди, следовательно — от половодий и полоев.

Я должен остановиться еще на одном следствии каптажа речной воды. Ведь каптаж воды — уменьшение количества ее в том водоеме, куда реки вливаются. Он отражается на балансе воды в сторону уменьшения количества последней, неизбежным следствием чего является усыхание некоторых частей дна. Каких частей? Очевидно — наиболее мелководных. Но эти мелководные части в общем наиболее богаты органической жизнью. Это — наилучшие пастбища для рыб, как живущих в данном бассейне, так и приходящих на известную часть года в этот бассейн. Таким образом, тут перед нами развертывается еще одно важное следствие, неизбежно вытекающее из того, что было сказано раньше.

Возвращаюсь к вопросу о полоях. Следует упомянуть, что сокращение высоты и размеров полоев и, в частности, продолжительности их иногда создают особые затруднения, особые наблагоприятные условия в том смысле, что известные участки, удобные для нереста, оказываются недоступными для рыб. С другой стороны, в наших водах наблюдается такое явление: при сравнительно малой продолжительности половодья, благополучно вышедшая из икры молодь живет в известных частях залитого пространства, но скоро эта часть оказывается отрезанной от самой реки. В таком случае наступает массовая гибель мальков. То, что вывелось, что должно было служить поддержкой для дальнейшего развития рыбного населения, скидывается совершенно с баланса живой природы водоема. Эта очень серьезное следствие слабого половодья.

Таковы общие вопросы, на которых я хотел остановить ваше внимание.

Теперь несколько замечаний по отношению к тем двум водоемам, которым посвящен мой краткий доклад, т. е. по отношению к морям Каспийскому и Азовскому.

Прежде всего я считаю нужным подчеркнуть еще раз, что те общие соображения, которые я высказал относительно каптажа воды, перераспределения стока воды, понижения уровня, и т. д. — все они целиком и в полной мере прилагаются и к этим водам. Таким образом, то, что я говорил в общей форме, как свойственное вообще водоемам, вполне приложимо и к нашим водам. В остальном между этими двумя водоемами имеются значительные различия, к которым позвольте привлечь на короткое время ваше внимание.

Начну с Каспия. Здесь, как известно, большую роль играет Волга, на которую направлены были те проекты, которые представляются с точки зрения государственного рыболовства особенно опасными. Последние вычисления стоков, которые доложены были на последнем заседании, вычисления Брегмана и Михалевского, говорят, что речной сток Каспия составляет 70.7% всего поступления пресной воды, а на долю Волги приходится из этого количества 81.6%.

От всего количества пресной воды, поступающей в этот водоем, это составляет 57.6%, т. е., как вы видите, почти $^3/_5$.

Особенно серьезное значение имеет здесь Северный Каспий в виду его мелководности и громадного притока речной воды. Это — наиболее продуктивная часть Каспия, имеющая такую продуктивность, которая заслуживает особого внимания. Я говорю сейчас не об общей продуктивности органических веществ, а о продуктивности промысловой. Недавно была вычислена нашими натуралистами-рыбоведами такого рода промысловая продуктивность; было вычислено, сколько центнеров на 1 км^2 получается в том или другом водоеме, и оказалось, что такая продуктивность в Северном Каспии выражается 37 ц, тогда как в Немецком море, считающемся одним из очень богатых, она приблизительно вдвое меньше (19.6 ц).

И вот, если бы на Каспии произошло то, чего особенно боялись мы, «рыбные люди», т. е. понижение Каспийского уровня, то это ударило бы именно по Северному Каспию, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Что касается огромного количества рыб, о котором мы говорим, когда идет речь о Каспии, то здесь (*показывает на таблицу*) сопоставлены общие количества в тысячах центнеров улова рыбы в пределах Союза вообще и в Каспийском море, процентное отношение каспийского улова за ряд лет к общему улову государства; такого же рода данные помещены в следующих строках относительно Азовского моря, и дано процентное отношение его улова к общему количеству, вылавливаемому страной. Входить в детали я не стану. Эти цифры говорят за себя, мне кажется, достаточно ярко. Мы действительно встречаемся здесь с поразительным количеством рыб.

Взять хотя бы один Каспий, вторую и третью из этих цыфр. Что это представляет? Улов в течение двух лет был около 6 млн. ц, т. е. около 36 млн. пуд. Достаточно назвать эти цифры, чтобы видеть, о каких серьезных величинах в народном питании здесь идет речь.

Но следует не забывать одного обстоятельства, которое, между прочим, во вчерашнем докладе подчеркнул Л. С. Берг и которое заслуживает самого полного внимания. Используется ли на Каспии по части рыбы все то, что может быть использовано? Совсем нет. Имеется рыба в огромном количестве, которая может служить объектом для приготовления очень недурного товара. Это прежде всего так называемые каспийские кильки. Мириадами, невероятными массами они водятся, но вылавливаются сравнительно в небольшом количестве. В будущем здесь возможен большой рост промысла.

Сейчас там не имеют промыслового значения бычки, а их много. Бычки эти представляют рыбу, вполне заслуживающую того, чтобы ее ловить. Недостаточно развит лов морского судака, миноги.

Громадные цифры годовых уловов еще не достаточно характеризуют естественные богатства Каспийского моря. Остается еще значительный, еще мало используемый резервный фонд.

В приведенных цифрах уловов есть одно обстоятельство, которое может вызвать некоторое недоумение. Мы видим, что процент улова в Каспийском море, по сравнению со всем уловом СССР, в течение нескольких лет уменьшается. Это резко бросается в глаза и может навести на грустные размышления относительно состояния каспийского рыболовства. Но такое заключение было бы ошибочно, так как одновременно с этим идет общее развитие рыболовства в пределах СССР. Как видно из таблицы, понижение процента каспийского улова не идет рядом с понижением величины промысла в некоторых других местах. Если вы обратите внимание на строчку, которая говорит об Азовском море, вы увидите, что там повышается как количество, так и процентное отношение промысла ко всей величине. Мы начинаем также осваивать это море несколько лучше, чем прежде, как и некоторые другие водоемы, которые раньше плохо использовались. Следует отметить, что у нас довольно много такого резервного фонда, но это не значит, что мы не должны беречь наши главные водоемы, имеющие исключительное значение в этом отношении.

Я позволю себе обратить внимание еще на один пункт в этих же цифрах. Здесь может броситься в глаза понижение улова в Каспийском море за 1932 г. Эта цифра упала приблизительно на 2 млн. по сравнению с предыдущим годом, и может показаться, что здесь какое-то угрожающее катастрофическое явление. Это не совсем верно. Конечно, такого рода явление, естественно, тревожит, создает в данном году значительный недолов со всеми неприятными его сторонами, но было бы неправильным видеть в такого рода колебаниях улова доказательство того, что промысел подорван. Здесь могут играть роль и другие факторы, которые вне власти человека. Дело в том, что в зависимости от чисто климатических колебаний, которые могут быть благоприятны или неблагоприятны для развития мальков рыбы, в зависи-

мости от температурных условий, от условий стока воды с суши, могут изменяться в ту или другую сторону условия развития растительности и, в частности, фитопланктона, т. е. основной пищи для тех животных, которых мы добываем во время рыболовства. Если в данном году или в течение нескольких лет, условия особенно благоприятны, то получается поражающее количество рыбы. Кривые уловов повышаются. Но может быть и противоположное явление. Неблагоприятные условия для развития молоди в известном году или в ряде лет могут сопровождаться понижением уловов через несколько лет. Причиной малого выхода мальков в известном году может быть, на что обратила внимание иностранная литература, несовпадение времени выхода мальков рыб из икры со временем сильного развития фитопланктона. Если периоды это совпадают, то данный год дает хороший приплод мальков, если они не не совпадают, то приплод должен быть мал. Через несколько лет это может соответственным образом отразиться на уловах рыбы.

Крайне характерный пример резкого колебания уловов рыбы, который можно объяснить лишь особенно мощным приплодом молоди за несколько лет до того, наблюдался в Волге и в Северном Каспии в 1913, 1914 и особенно в 1915 г. В эти годы уловы сельди внезапно возросли до размеров, каких не достигали никогда ранее (улов в 1915 г. дошел приблизительно до 1479 млн. штук, весом около $15^1/_2$ млн. пуд).

По отношению к Каспийскому морю я хочу обратить ваше внимание на одно обстоятельство, указанное неоднократно в докладах, которые мне пришлось делать в Госплане. Когда мы говорим об огромном богатстве Каспийского моря с низовьями его рек, об этом исключительном достоянии нашего государства, достаточно богатого всякими естественными благами, то вот на что приходится обратить очень серьезное внимание: Каспийское море — это почти наше внутреннее море, почти наш внутренний водоем. За исключением персидского берега, оно окружено республиками нашего Союза, оно совершенно изолировано от морей, и поэтому, если когда нибудь, несмотря на все усилия, которые делает наша страна, чтобы избежать войны, эта война будет все-таки навязана нам, совершенно ясно, что в тот момент, когда она начнется, настоящие морские рыбные промысла превратятся в нуль: нельзя пускать промысловые суда для того, чтобы их топили. Но в совершенно ином положении будет находиться Каспийское море; со стороны персидского берега едва ли что-нибудь будет угрожать, а в остальном — это наше внутреннее море. Вот этот резерв, который представляет, с этой точки зрения, Каспийское море плюс вся совокупность наших рек и озер обеспечивают в значительной степени очень большие, очень крупные запасы пищи, которые в этом случае могут сыграть немалую роль. Дело настолько простое, что дальше на нем останавливаться не приходится.

Я уже указывал на то, что в настоящее время отношение к Каспийскому морю в широких кругах существенно изменилось. Мы постоянно слышим, что рыболовство Каспийского моря требует принятия мер для его охраны и т. п. Наиболее действительное средство помочь делу — это приток пресной воды из других источников

и в таком количестве, которое покрывало бы каптаж волжской воды с целями орошения; для этого имеется в виду вода Дона и северных водоемов. Этот прием в значительной степени улучшает положение, обеспечивает до некоторой степени сохранность каспийских рыболовных богатств, но только до некоторой степени. Некоторые изменения в связи с гидротехническими сооружениями, которые будут невыгодно отзываться на рыболовстве, этим не будут устранены. Даже перераспределение стока, в смысле большей его равномерности в течение года, уже само по себе неблагоприятно отразится на развитии рыбы.

Были и некоторые другие проекты помощи делу спасения Каспия, но на них я детально останавливаться не буду. Некоторые из этих проектов представляют даже своего рода курьезы. Серьезно высказывался такой проект, что можно отрезать части Северного Каспия перегородками, плотинами и таким образом уменьшать испарение, компенсируя в благоприятную сторону баланс воды в Каспийском море. Но ведь это равносильно тому, о чем и упоминалось на одном из докладов сессии, что мы известные куски Каспийского дна, и самые продуктивные, будем превращать в солончаки. Тут невольно вспоминаются лекарства, которые бывают чуть ли не хуже болезней. Каптаж волжской воды надо компенсировать переброской в Волгу вод других рек. Но, конечно, является сама собой мысль, и очень неприятная и тяжелая, — как же эта переброска воды из других водоемов отзовется на этих водоемах? Речь идет особенно о переброске донской воды, и на значение ее не приходится закрывать глаза.

Я не знаю, на каких размерах переброски донской воды в Волгу останавливаются в настоящий момент. Последние цифры, которые были мне недавно доставлены, показывают, что из Дона предполагается взять около $^3/_5$ его воды. Каптаж огромный, который не может не отозваться тяжело на азовско-донском рыболовстве.

В Кубани будет происходить по существу то же, но в более слабой степени. Каптаж здесь намечается в меньших размерах, да и значение Кубани в рыбном деле гораздо меньше, чем значение Дона.

Если не будут приняты какие-либо серьезные меры для смягчения последствий каптажа для рек и для моря, то продуктивность Азовского моря с его реками должна сильно пострадать.

Может возникнуть вопрос, так ли важно рыболовство Азовского моря и впадающих в него рек, что необходимо искать средств хоть ослабить несколько вредное влияние массового каптажа воды Дона и Кубани?

Представляет ли Азовское море что-нибудь такое, о чем стоит говорить? Азовское море — не Каспий, но если вы взглянете на те цифры, которые имеются на таблице, то вы увидите, что рыболовство этого района — дело далеко не шуточное. Улов в Азовском море — около 1.5 млн. ц. Речь идет о больших количествах рыбы и, притом, рыбы вполне полноценной.

Если вы обратите внимание на то, как изменяется этот промысел, то вы убедитесь, что он растет и из года в год увеличивается. За эти

годы увеличивается и процент азовского рыболовства в общем улове всего Союза. Надо учитывать и азовское морское рыболовство, и рыболовство в Керченском проливе, и рыболовство в низовьях рек. Азовское море мне близко знакомо по исследованиям в 1922—1926 гг., и я должен подчеркнуть, что и там мы имеем большой резерв, который еще далеко не используется полностью. Там большое количество камсы. Под этим названием понимаются рыбы, которые более известны под названием анчоусов. Они приходят в большом количестве в Азовское море на лето. Часть камсы нерестится в Черном море, часть приходит в Азовское море, размножается и откармливается здесь. Роскошное пастбище, которое представляет собою Азовское море, привлекает и других черноморских рыб. Азовское море имеет важное значение и для гораздо более скудного черноморского рыболовства. Значительная часть черноморских промысловых рыб откармливается или и размножается, и откармливается в Азовском море. В Азовском море мы встречаем чрезвычайно большую промысловую продуктивность; она значительно больше, чем промысловая продуктивность Северного Каспия. Об этом можно судить по следующим цифрам бригады Московского института морского рыбного хозяйства: средняя продуктивность Азовского моря в 1930—1932 гг. была от 31.3 до 43.7 ц на км^2 при неполном использовании рыбных богатств; в среднем за 3 года она равнялась 39.6 ц. Это уже очень хороший результат для правильного рыбного хозяйства. Ясно, что такая средняя продуктивность для всего моря очень высока. В наиболее продуктивной части Азовского моря, т. е. в широкой зоне, опоясывающей центральную область моря (в которой бывают и заморы, т. е. массовая гибель животных, населяющих дно), мы находим промысловую продуктивность совершенно исключительную. В 1930—1932 гг. она была от 52.2 до 79.4 ц в км^2, в среднем за эти 3 года — 66.0 ц.

Такая продуктивность является средней для карповых прудов. Для водоема, представляющего характер моря, такая продуктивность, как в культурных карповодных прудах, необычайно высока и заслуживает особого внимания.

Насколько можно ослабить то вредное влияние, которое должно обнаружиться в Азовском море при переброске большого количества воды для спасения Каспия? В этом отношении имеется несколько проектов. Один из проектов — проект снабжения Азовского моря днепровской водой, причем об этом проекте говорилось в такой форме, что днепровскую воду предполагается провести каналом в Сиваш (залив на западной стороне Азовского моря, с очень высокой соленостью) и обезвредить его, т. е. освободить от избытков соли, и питать Азовское море притоком пресной днепровской воды.

Тут упускается из вида одно обстоятельство, а именно, что в настоящее время Сиваш представляет собою нечто очень близкое к самосадочному соленому озеру. Во всяком случае, соленость в этом озере колоссальная, во много раз превышающая соленость, какую мы встречаем в каком бы то ни было океане. Если действительно в Азовское море будет проведена пресная вода через Сиваш, то в первые

годы она в Азовском море произведет сильное осолонение. Это осолонение не может не отразиться очень тяжело на составе флоры и фауны Азовского моря, которые служат источником пищи для рыб; явление это может, по всей вероятности, приобрести катастрофический характер. Если потом главная масса соли промоется и могут наступить более удовлетворительные условия, когда такого гибельного влияния Сиваш не будет оказывать, то это будет после того, как промысловая фауна Азовского моря будет разрушена в высокой степени. Надо будет ждать, когда наново в иных формах заселится Азовское море.

Относительно переброски днепровской воды мне приходит в голову одна мысль, но я не знаю, насколько она осуществима. Я не компетентен в гидротехнических вопросах и ограничиваюсь постановкой следующего вопроса: нельзя ли избежать так или иначе осолонения Азовского моря солями Сиваша? Я, конечно, не сказал бы, что это может совершенно исправить дело, т. е. что никаких вредных последствий каптажа воды Дона и Кубани тогда не было бы. Во всяком случае, следствием переброски воды из Дона и из Кубани явилось бы все-таки нарушение нормальных условий размножения для подавляющего большинства промысловых рыб, но, во всяком случае, осолонение Азовского моря было бы устранено. Одним из лиц, с которыми я беседовал по этому вопросу, была высказана мысль, что промывание Сиваша, освобождение его от массы солей, могло бы быть осуществлено путем спуска промывных вод не в Азовское, а в Черное море.

Были некоторые другие проекты, которые, насколько я понимаю, едва ли заслуживают серьезного обсуждения. Высказывалось, между прочим, такое предположение: для того, чтобы поддерживать тот уровень солености, какой мы находим сейчас в Азовском море, и не давать ему повышаться, надо ограничить приток черноморской воды через Керченский пролив, а для этого надо сузить Керченский пролив соответственными плотинами и т. д. Мне кажется, что такой проект не заслуживает внимания. Ведь если несколько сузить этот пролив, то получится более сильный напор воды, наиболее мощная струя воды, которая будет стремительно врываться в Азовское море. Если разность уровней будет создаваться недостаточным поступлением воды в Азовское море, то с этим ничего не поделаешь. А если совсем перегородить пролив так, чтобы действительно только понемногу пускать туда воду, то мы отрежем Азовское море и от всей рыбы, которая приходит в него из Черного моря и которая составляет значительную часть улова Азовского моря. Частью она приходит с тем, чтобы размножаться в Дону, в Кубани, частью размножаются в самом Азовском море, но такого рода связь между Азовским и Черным морями существует и играет существенную роль.

Председатель. Слово для доклада предоставляется М. И. Тихому.

М. И. ТИХИЙ.

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ПРИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ НА ВОЛГЕ И ВЫБОР СХЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ РЕКИ

Регулировка Волги и Дона, путем перегораживания и подпора, создает обширные озеровидные водоемы (у Камышинской плотины — 588 тыс. га при отметке + 25.0 м), с перемежающимся уровнем из-за срабатывания верхних слоев воды. Вопрос о рыбохозяйственном использовании подобных расширений рек наталкивается на отсутствие опыта внутри Советского Союза, а вместе с тем переделка наших рек в целях их службы на социалистическое строительство требует наиболее комплексного использования всех возможностей для народного хозяйства. Водоемы на р. Волхове и на р. Куре хотя и не изучены, но по своему своеобразию не могут служить аналогом для волжского района. Водохранилище Днепростроя слишком молодо, успешно изучается в гидробиологическом отношении проф. Свиренко (Днепропетровск), но рыбохозяйственные его возможности еще не выявлены и не выявились. Заграничная практика дает единичные работы специального[1] и общего характера по рыбному хозяйству в связи с гидростроительством, нас не удовлетворяющие и поэтому требуются специальные исследования в том плане, который ставится в Союзе.

Широкие проекты реконструкции наших рыбных рек вызвали на освещение и разрешение целый ряд проблем глубочайшего теоретического значения. Наравне с вопросом о влиянии зарегулирования рек на дельтовое рыболовство и продуктивность моря стали вопросы гидробиологического и рыбохозяйственного значения будущих водохранилищ.

Прогноз в этом направлении упирается в необходимость расшифровки будущих гидрологических условий в несуществующих водоемах при отсутствии подходящих аналогов. Каковы условия течения, твердого стока, температурного режима в вегетационный период, таяния льда и замерзания в подобных водохранилищах на Волге? Отсутствие наблюдений, отсутствие теоретической проработки, значительный размер новой водной площади способствовали укреплению взгляда на подобные водоемы как на озера со стратификацией слоев, возможностью замора и т. д.

Теоретическое освещение вопроса, сделанное П. Ивановым при экспертизе проектов Средволгостроя в январе 1933 г., показало, что достаточны ничтожные скорости, во много раз меньше фактических, чтобы создать турбулентное течение, обусловливающее гомотермию в подобных водоемах. Можно ожидать наличия стратификации в отрогах водохранилищ в период осенне-зимних расходов, но паводок должен вентилировать всю толщу, создавать условия медленно текущей

[1] Coker. Keokuk-Dam and Fisheries of the upper Mississippi River. Bull. Bureau of Fisheries, v. XLZ, 1929.

реки. Так, наблюдения в конце июня 1933 г. вблизи Днепровской плотины (М. Тихий) показали, что в условиях стока 3500 м³/сек. температура воды на глубине 50 м (!) отличалась лишь на $1^1/_2°$ от поверхностной, при наличии поверхностного течения (7—9 см/сек.) и интенсивной инсоляции. При минимальных расходах (600—800 м³/сек.) скорость течения определяется в 2.5—3.5 см/сек. близ плотины (Б. Поляков). Эти скорости достаточны для перемешивания слоев, и отсюда делается вывод о речном характере водоема со значительно замедленным течением, неодинаковым по профилю водоема. Отсюда идет заключение о благоприятной вентиляции и прогревании положительных факторов для продуктивности водоема; остается неясным вопрос о возможности быстрой минерализации и выноса органогенного вещества за пределы водоема.

В то же самое время реконструкция рек, регулирующая сток, задерживающая весенние воды, богатые твердым стоком и органогенными веществами, влияет, как полагает большинство исследователей (Н. Книпович, Н. Чугунов и др.), отрицательно на кормовую потенцию предустьевого пространства моря.

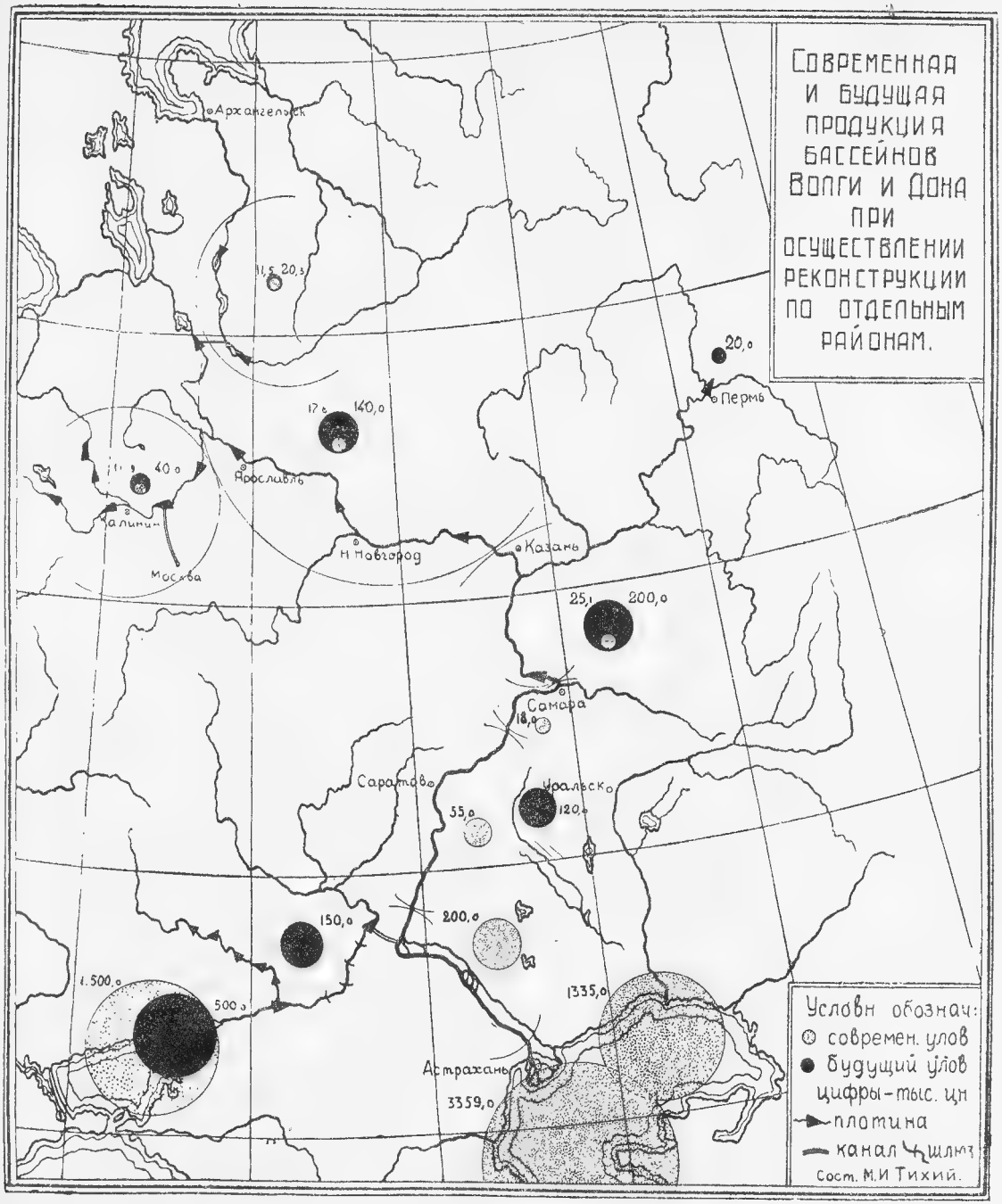
Логически мы должны заключить, как sine qua non, что не дошедшие до моря органогенные вещества должны оставаться в водохранилищах, входя в их круговорот, повышая их продуктивность по сравнению с незарегулированным участком реки в данном месте.

Происходит перераспределение био-продукции по реке (включая предустьевое пространство), так как не приходится говорить о возможности потери в природе.

При подпоре заливаются и обнажаются земельные угодия, частью культурно освоенные, что надо считать положительным явлением для рыбного хозяйства (основа прудового хозяйства); мелководье и наличие проточности также являются факторами, создающими в условиях широкой поймы Волги благоприятную конъюнктуру для увеличения бентомассы и рыбопродукции. По своим гидрофизическим условиям (проточность, вынос твердого стока, распределение взвешенных веществ по расширенному руслу) водохранилища имеют общие черты с предустьевыми пространствами рек, и только занос крупными фракциями песка — неблагоприятное явление в данном случае. Подтопление, связанное с заболачиванием, и ухудшение состава воды будут иметь место на Верхней и отчасти на Средней Волге, но промывание весной — могучий положительный фактор.

Замедление течения и в настоящее время на Волге связано с увеличением масс *Oligochaetae* и *Chironomidae*, но зато будут выпадать потамофильные формы. Конфигурация и изрезанность береговой линии будущих водохранилищ на Волге будут предопределять массу биопродукции, в отличие от руслового стока на водохранилищах Днепростроя и Волховстроя.

После докладов на собраниях научных работников по рыбному хозяйству, и в частности на собрании работников Океанографического института Наркомснаба СССР 17 ноября 1933 г., установка на рыбохозяйственное использование верхних бъефов у плотин, а также кон-



Фиг. 1.

Тр. Ноябрьской Сессии

тинентальных водохранилищ в районах орошения была признана правильной и должна быть связана с культурными мероприятиями, с мелиорацией дна перед заливанием (очищение от растительности) и с преодолением трудностей облова значительной водной площади, без наличия стадных рыб. Определение будущей рыбопродукции, как было указано, наталкивается на ряд трудностей, обусловленных сложностью прогноза при недостаточных данных. Проектировка плотин должна охватывать комплексно все отрасли народного хозяйства, и в силу этого необходимо дать хотя бы гипотезу о рыбопродукции водохранилищ. В этом случае недопустимо исходить из одной гидробиологической концепции; необходимо учесть климатические особенности районов Волги и ее притоков, условия стоков, заносы, сокращение вегетационного периода, а также продукцию отдельных озер или озерных районов для сравнения с современной и предполагаемой продукцией отдельных участков Волги.

Современная и гипотетическая рыбопродукция участков Волги (на 1 га в кг) и других водоемов для сравнения

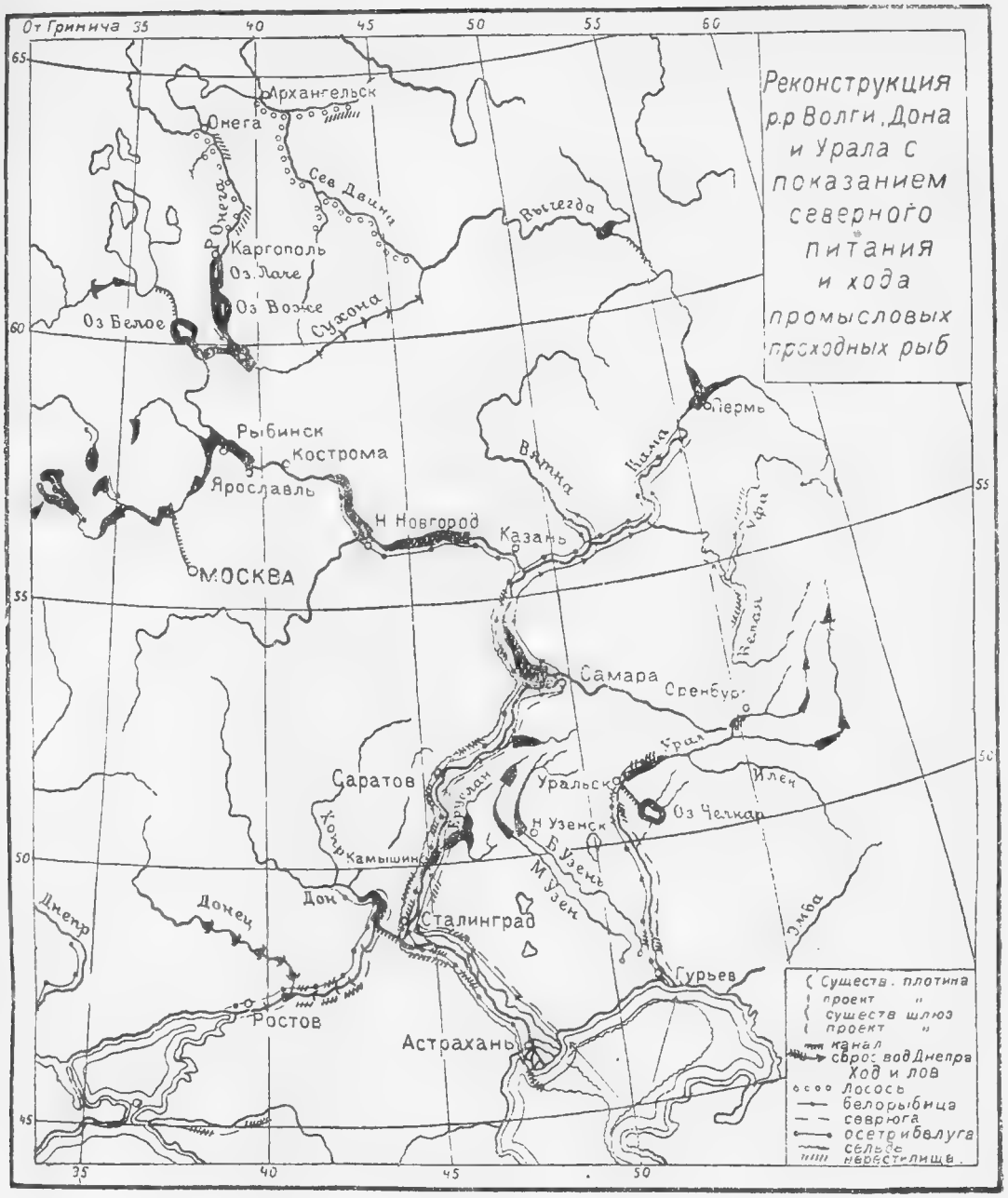
	Современная	Будущая
Северная часть Каспия	34—37	—
Азовское море (по осуществлении проекта Ризенкампфа)	35—40	8—12
Дон у Калача	—	40—50
Верхняя Волга	—	20—30
Верхневолжский бейшлот	33	—
Волга у Ярославля	10	30—40
» » Чебоксар	21	35—45
» в Жигулях	22	40—50
Нижняя Волга	—	40—50
Кама у Перми	—	10—20
Озера б. Пермской губ.	4	—
Озера Свердловского округа	15	—
Камыш-Самарские озера	40—55	—
Озеро Челкар	40—50	—
Евтрофные озера Ленобласти	35—37	—
Озеро Галичское	100	—
» Переяславское	18	—
Западная область	30	—
Озеро Ильмень	23	—
» Палеостом	95	—

Определенная выше рыбопродукция будет иметь место лишь при мелиорации дна и замещении второстепенных рыб более ценными. При осуществлении реконструкции Волги с западным вариантом северного питания Верхней Волги по схеме Б (Ленинское, В. Волоцкое. Осугское, Калининское, Иваньковское, Угличское водохранилища), Средволгостроя, Самарской установки и донского самотечного водоема, общая продукция водохранилищ определяется в 500 тыс. ц. При культурном освоении бассейнов оросительной системы, получим до 200 тыс.ц. Этот фонд потребует внедрения частично сиговых пород, сазана и судака на Волге, снетка на Верхней Волге, сазана, карпа и карася в оросительной системе.

Колебания уровня и аэрация литоральной полосы позволят повести на отдельных по своей конфигурации участках полупрудовую культуру, при наличии специальных водоудержательных плотин, которые позволят спускать воду на участке в интересах рыбного хозяйства. Возможности от этого рационализаторского предложения пока не учитываются, так как лишь обследование района заливания, при твердой отметке и графике сработки, позволит приспособить эти участки под полупрудовую культуру.

При рассмотрении схем реконструкции Волги с учетом распределения плотин, можно высказать то положение, что чем выше по нашей южной реке будет расположено сооружение, тем благоприятнее будут условия для нереста таких проходных рыб, как осетровые, сельди, минога. В силу этого, с рыбохозяйственной точки зрения целесообразнее использовать для гидростроительства течение р. Камы до впадения в нее р. Белой и р. Волги до впадения в нее р. Камы.

Реконструкция Волги по своей широте и глубине захватывает в свою орбиту не только все Поволжье, но и Московскую область, Северный край, Западный Казакстан с р. Уралом и Северный Кавказ. Вопросы изъятия вод из Каспия, переброски из других бассейнов, использование рр. Урала, Дона и, по нашему предложению, Днепра — позволяют широко маневрировать водными ресурсами и решать такие вопросы, как пополнение Каспия, вопросы, казавшиеся неразрешимыми в 1932 г. В этом случае сброс вод из бассейна Белого моря с рыбохозяйственной точки зрения не встречает возражений при наличии удовлетворительного увлажненин на Севере, увеличения рыбопродукции на оз. Воже, Лаче и других; уменьшение стока на рр. Сухоне, Онеге, а также Северной Двине, не играет существенной роли ни для проходных лососевых, ни для весеннего нереста северных рыб. Сброс вод из Дона влечет за собой повышение солености в Азовском море с уменьшением его продукции на 800—1000 тыс. ц, что при существующих методах хозяйствования может быть оправдано лишь требованием не снижать уровень Каспия и может отпасть, если будут найдены иные способы борьбы с последствиями от изъятия вод Волги на орошение. Можно высказать положение, что изъятие вод из р. Урала, как вариант водопользования, предпочтительнее, потому что в несложной дельте этой реки будет легче поставить мелиорацию ее полойных площадей искусственными мерами, нежели на



Фиг. 2.

Волге. То же самое относится и к Дону. Что касается вод Днепра, то технически сброс его вод с предотвращением влияния Сиваша возможен (Никольский, Романовский), и при отыскании разрешения возникающих трудностей для рыбного хозяйства наиболее безболезненным будет отдача вод Днепра для пополнения Азовского моря, в связи с второстепенным значением днепровского рыболовства и паводка реки для его проходных рыб, не говоря уже о высокой эффективности орошения в северном Крыму, при котором рыбохозяйственная проблема является лишь придатком с вытекающими отсюда последствиями.

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА РР. ВОЛГИ И УРАЛА

	Добыча сырца в 1931 г. в тыс. ц	Добыча сырца в 1930 г. в тыс. ц	Стоимость сырца по ценам соответств. 1930 г. в т. р.	Колич. получ. товара в 1930 г. в тыс. ц	Стоим. товара в 1930 г. в ценах соотв. года в т. р.	Капиталовложен. в 1931 г. в т. р.	Колич. ловцов в 1931 г.	Добыча белорыбицы в 1930 г. в ц	Добыча осетра в 1930 г. в ц[5]	Добыча белуги в 1930 г. в ц[5]	Добыча стерл. в 1930 г. в ц	Добыча севрюги в 1930 г. в ц[5]	Добыча сельди в 1930 г. в ц
Горьковский край	—	11.0[8]	—	—	—	—	1045	0.3	—	—	—	—	—
Татреспублика:													
р. Белая и р. Уфа[2]	—	—	—	—	—	—	—	4.7	—	—	—	—	—
р. Кама	—	6.7[6]	240	—	—	—	840	7.0	60	55	351	—	—[1]
р. Волга	—	5.1	300	—	—	—	600	1.0	39	38	361	—	—[1]
Средневолжский край:													
6. Ульяновский округ	—	—	—	—	—	—	—	11	46	54	226	—	—[1]
6. Ставропольский	—	18.6	690	18.6	915	—	1700	—	28	18	—	—	
6. Сызранский	—	—	—	—	—	—	—	12	62	19	76	1	54
Нижневолжский край:													
Коренная Волга	—	27.4	2134	96.3	3348	24820	2300	85	445	91	965	257	806
Волго-Ахтубинская пойма	—	118.7				—	8300	16	1693	236	424	636	11466
Дельта	2824	3359	26700	2450	60240		20600	500	12900	3850	—	6100	136000
Каспийское море (район тяготения к Волге)						—	25100	1550	21800	5700	—	11600	274000
Казакстан:													
Низовья р. Урала	1724	1335	10530	977	24100	16900	5900	—	742	54	—	2080	—
Каспийское море, (район тяготения к р. Уралу)[4]							12800	2150	9400 3450[7]	5825 4730[7]	—	6620 2950[7]	—[3]

[1] Десятки экземпляров
[2] С Елабугой
[3] Добыча не выделялась из всего 6. Волго-Каспийского района
[4] С Денгизским районом
[5] Дельта Волги и море с Уралом взяты по 1932 г. Улов осетровых в этом году 98 тыс. ц,
в 1930 г. — 85.3 тыс. ц.
[6] Кончая Мамадышск. и Чалкинским районами.
[7] Мангистауский район (Мангышлак и
восточный берег моря в границах Казакстана
[8] По Ромашову, повышенному для 1931 г. требует проверки

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПО Р. ВОЛГЕ (БЕЗ ДЕЛЬТЫ)

	Длина реки в км	Площадь реки и озер в га	Товарная продукция в ц	На 1 км реки	Валовая продукция в ц	На 1 км реки в ц	На 1 га площади в кг	Рыбаков (колхозников и единоличников)
Б. Волжский бейшлот	—	11900[1]	1850	—	4000	—	32.8	486
Оз. Селигер и соседние озера .	—	30000	4200	—	(8500 ?)	—	—	941
В.-Волоцкое водохранилище .	—	4525[1]	1350	—	1550 (план)	—	34.2	96
Р. Молога в Ивановская обл. .	96	2826	743	7.7	990	10.1	35.0	94
Р. Шексна в Ивановская обл. .	90	1545	300	3.3	400—550	4.5—6.1	25.6—35.3	?
Волга от бейшлота до р. Мологи	ок. 700	—	500	0.7	до 1550	2.1	—	200 (контр.) всего 330—350
Волга до Ярославля	110	4605	117	1.6	470	3.5	10.2	59
Плёс Ярославль-Горький . . .	400	28400	3477	8.7	5729	14.0	21.4	1001
Горьковский край	465	—	11000 (?)	24.0 (?)	—	—	—	930
Волга в пределах Татреспублики	200	27300	5108	25.5	7734	39.0	28.2	604
Волга в пределах Средневолжского края	513	—	18600	36.0	31000	60.0	—	1951
Волга от границы Средневолжского края до Сталинградского района	625	—	27400	44.1	54800	88.0	—	2263
Волга в Сталинградском районе	170	—	23565	138	—	—	—	1230
Волга во Владимирском районе	112	—	20037	178	—	—	—	1307
Волга в Енотаевском районе .	185	—	75123	40	—	—	—	5796
Итого			193370					

[1] За средне-вегетационный период в 1933 г.

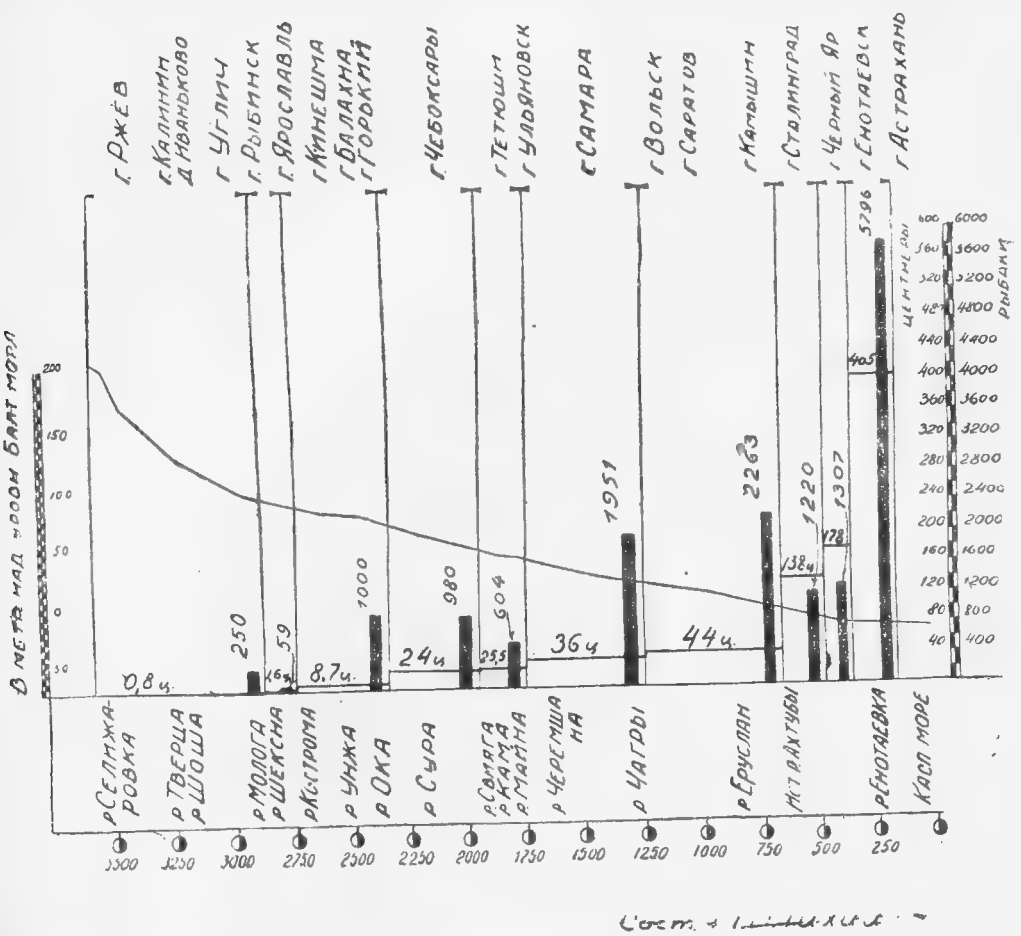
К Ноябрьской сессии Академии Наук разработана одна схема реконструкции Волги с охватом Дона и северных рек. Имеется вторая схема Нижневолгопроекта, которая, судя по печатным данным, не была объектом специальной работы, а использовала данные других проектирующих учреждений. Поскольку в этой второй схеме вопросы «водоснабжения» Каспийского моря совершенно не учтены, то этим самым выбор падает на схему Гидроэлектропроекта, которая учитывает это обстоятельство путем отдачи от $^1/_2$ до $^3/_4$ вод Дона. Улучшение продукции Азовского моря при его засолении надо будет вести новыми методами и путями: путем увеличения масс бентоса с культивированием новых форм, дающих эффект при повышенной солености, базируясь при этом на ценных морских рыбах (кефаль, султанка).

Рыбохозяйственный баланс при реконструкции Волги и Дона определяется дефицитом от 100 до 300 тыс. ц с ухудшением качества рыбы в донском районе и улучшением его в водохранилищах Волги (доминирующей породой будет лещ)

Гидростроительства, осваивая воду, земли, энергию, вкладывают крупнейшие капиталовложения для обуздания стихии и получают народно-хозяйственный эффект. Наш рыбный промысел в южных богатейших реках построен на использовании стихийных явлений — и потому он дешев и не требует больших капиталовложений. С зарегулированием стихии нарушаются все прежние дешевые условия эксплоатации.

Несмотря на очевидность этой простой истины, к рыбному хозяйству предъявляют требования применить принцип хозяйствования в стихийных условиях к условиям зарегулированной реки. Очевидна нелогичность такой постановки вопроса, которая усугубляется тем обстоятельством, что на проектировку по другим отраслям предоставляются большие средства при большой теоретической обоснованности ведения хозяйства. Без сомнения и рыбное хозяйство, при соответствующих капиталовложениях (являющихся необходимостью при нарушении стихийных и природных условий), сможет в большей мере использовать зарегулированые воды рек. Эта установка требует большой теоретической исследовательской работы, охватывающей основные проблемы экологии рыб, связанные с гидрологией. Эта работа только ставится и несоизмеримо мала по сравнению с многомиллионным размахом проектирующих гидростроительств — и потому отстает от требования текущего дня. Вместе с тем, такие проблемы, как проблемы выноса органогенных веществ, требуют коренного пересмотра под количественным углом зрения, так как частичное только освещение этого вопроса на примере р. Урала и Волги с районами моря, биологически тяготеющими к этим водным артериям, говорит о наличии автономного круговорота органогенного вещества в самом море, как в силу значительного накопления этого вещества, так и в силу наличия, так сказать, собственных запасов детрита (заросли высших водных растений в восточном углу Северного Каспия.) Вторым нерешенным вопросом является интенсивность и степень использования бентосом и рыбами всего корма и исходного органиче-

ского вещества, выносимого реками. Эти глубокие общие проблемы, на ряду с количественным уточнением значения высотных отметок весенних вод в устьях рек в биологии мигрирующих рыб, дадут



Фиг. 3. Профиль Волги, улов в центнерах и число рыбаков по районам.

в основе ответы на потребность в воде для рыбного хозяйства Северного Каспия и ослабят возникающие трудности при переходе рыбного промысла из условий стихии в зарегулированные водоемы.

ПРЕНИЯ

К. Т. Романовский (Гидроэлектропроэкт). Я хочу высказаться по двум вопросам: о Карабугазе и об Азовском море. Все как-будто согласны, что уровень Каспийского моря ни в коем случае не должен понижаться. Вопрос возникает лишь о том, каким способом не допустить этого понижения. Вчера я слышал такой проект решения: пересыпкою пролива разобщить Карабугазский залив с Каспийским морем и тем самым создать возможность получения как бы 20 км³ в год экономии воды. Это предложение представляется нецелесообразным с точки зрения рыболовства и с точки зрения общих интересов народного хозяйства. В Карабугазе мы имеем огромную обогатительную фабрику, гигантскую лабораторию химсырья. Здесь говорили,

что если отделить Карабугаз от Каспийского моря, то, весьма вероятно, на дне его получим еще большие богатства. Это мне напоминает сказку о курице, несущей золотые яйца, которую решили зарезать, ожидая найти в ней еще больше яиц. Пока мы имеем большие блага в Карабугазе, ими надо пользоваться и всячески беречь.

Далее я обращаю внимание Секции на значение Карагабугаза как компенсатора солевого режима Каспийского моря. В последнее ежегодно вливается 365 км^3 речной воды, содержащей тот или иной процент соли. С поверхности происходит постепенное испарение воды, и в результате получается насыщение моря солью. Роль Карабугазского залива заключается в том, чтобы быть регулятором этого солевого режима: что приносится реками, то магазинируется Карабугазом. Поэтому, с точки зрения рыболовства, надо хорошо подумать раньше чем итти на такую меру, как разобщение залива от моря.

Теперь перейдем к расмотрению состояния Азовского моря после того, как будет переброшено 12 км^3 воды из Дона в Волгу и 4 км^3 из Кубани в Маныч. Ясно, что такое изъятие пресной воды повредит рыболовству. Здесь указывалось на возможность переброски из района Каховки некоторого количества днепровской воды, которая через канал из Днепра переводится в Азовское море.

Обдумывая этот вопрос, я пришел к несколько иному решению. Днепр выбрасывает в Черное море 52 км^3 пресной воды в год и Южный Буг 2.7, а вместе, приблизительно, 55 км^3 пресной воды, которая без всякой пользы осолоняется в Черном море. Нельзя ли все эти 55 км^3 полностью перенести в Азовское море, тем более, что здесь топографические условия достаточно для этого благоприятны?

Моя мысль заключается в следующем: перегородить небольшой дамбой пролив между Кинбурнской косой и Очаковым. Дамба эта должна быть не высока, чтобы поднять Днепро-Бугский лиман не больше, чем на 2.5 м.

Затем устраивается дамба между Тендровским маяком и Кинбурнской косою и, таким образом, делаются замкнутыми пространствами как Тендровский, так и Егорлыкский заливы. Далее имеется небольшое протяжение перешейка, который надо преодолеть каналом. Здесь местность представляет для этого чрезвычайные удобства в виде пологого плато, которое плавно спускается к морю, что предствляется особенно ценным, так как переводить воду придется в большом количестве. Если по каналу будет итти 600—700 м^3/сек. в межень, то в половодье расход вырастет до 5000 м^3, несмотря на то, что полный расход будет смягчаться водохранилищами: у Запорожья, в Днепровско-Бугском лимане и двумя заливами Егорлыцким и Тендровским.

Если прорыть канал длиной в 30 км по этой пологой местности перешейка, где мы можем выбирать желаемую горизонталь, и поместить вынутую землю в дамбу с низовой, морской стороны канала, то у нас получится совершенно новая возможность: использовать как живое сечение не только вырытое русло, но и все пространства выше него между дамбою и полого поднимающимся материком. Поэтому всю воду мы можем перенести в Каркинитский залив.

В морской стороне последнего имеется Бакальская коса, которую нужно превратить из подводной в надводную и соединить дамбой с Джарылгачской косой. Тогда получится замкнутое пространство Каркинитского залива. Затем следует углубить и расширить Перекопский прокоп, и, таким образом, вся днепровская вода будет изъята в том именно месте, где она уже никому не нужна, и потому не будет споров, что забор воды обездоливает хозяйство Украины. Вся переводимая вода будет проходить через Сиваш в Азовское море через Тонкий пролив и корень Арбатской стрелки, где можно легко прорыть прокоп: тут всего от 700 до 800 м ширины. Второй пролив желателен для того, чтобы опреснить Гнилое море.

В результате изложенного получается, что мы все попутные заливы и Сиваши превратим из соленых в пресноводные. Количество воды, которое будет проходить по намеченному тракту, вполне достаточно для быстрого опреснения всего этого пути. Здесь имеется всего 22 км^3 соленой воды и через нее будет проходить в год 55 км^3. Опреснение получится чрезвычайно скоро. В итоге опреснения засушливые районы южного Приднепровья и северного Крыма окажутся опоясанными озерами пресной воды. Что это представляет собою для ирригации сельского хозяйства — всем понятно. Пресная вода будет подведена к землям, которые в ней нуждаются. До горизонтали в 50 м здесь имеется 2.5 млн. га земли; следовательно, средний подъем воды будет всего на 25 м. В Заволжьи подъем предполагается не более 25 м. Здесь земли лучшего качества, где могут произрастать более ценные растения и средний подъем подведенной пресной воды составить всего 25 м. Таковы оросительные возможности.

Попутно получаются также и громадные обводительные возможности. Известно, что Керчь страдает недостатком пресной воды, и потому имеющиеся здесь огромные рудные запасы железа используются недостаточно. По моему проекту пресная вода близко подводится к Керчи; дальнейшее же ее проведение можно сделать с помощью простого водопровода. Кроме того, проект позволяет снабдить водой районы Феодосии и Евпатории.

Кроме этих оросительных и обводнительных возможностей, особенностью моего проекта являются также и громадные транспортные возможности. Весь новый водный тракт легко превратить в водный путь с глубиной до 5 м. Участок Скадовск — Порт Казак уже имеет такие глубины, Днепровско-Бугский лиман тоже, а в остальной части землечерпальными работами такой глубины не трудно достигнуть, потому что обычная глубина этих мест 2 м. Таким образом, получится возможность на судах озерного типа перевозить грузы между низовьями Днепра, Южного Буга и Дона; а если будет создан Волго-Донской канал, то можно будет перевозить грузы и к низовьям Волги.

Отсюда такой народно-хозяйственный эффект: те суда, которые будут наполнены нефтью в Баку, могут через будущий Волго-Донской канал, либо через Манычский канал, проходить через Азовское море в низовья Днепра, не заходя в бурное Черное море. Следовательно, получается двойной выигрыш и в условиях судоходства, и в сокраще-

нии пути потому, что расстояние от Херсона до Мариуполя по новому тракту будет составлять 600 км, против 900 км, — если нужно будет проходить к низовьям Днепра по более опасному пути, т. е. по Черному морю, вокруг Таврического полуострова.

Точно также и уголь легко доставляется с Северного Донца в районы, остро нуждающиеся в этом угле: безлесные южные части рр. Днепра и Буга. Таковы транспортные возможности делаемого предложения.

Приведенное предложение дает еще ряд выгод более мелкого характера, но также в сумме дающих значительную экономию. Так, например, сейчас морской канал, подводящий к Херсонскому порту, заносится наносами Днепра. Если осуществить проектируемый небольшой подпор — в 2.5 м, то наносы будут отлагаться где-то выше. В 1932 г. эксплоатацией подводящего канала было очищено этих наносов около 1 млн. м.^{3} Следовательно, можно избавиться от необходимости ежегодной чистки этого канала, т. е. от затрат на землечерпание 1 млн. м^3, почти 1 млн. руб. в год. С поднятием горизонта Днепровско-Бугского лимана на 2.5 м, попутно увеличатся на 2.5 м также и глубины подходов к Херсонскому и Николаевскому портам и глубины акваторий.

Что касается рыбоводства, то мне кажется, что создание, вместо бывших соленых водоемов, целого ряда пресных мелководных озер, которые по берегам зарастут камышом, представит собою систему живорыбных садков. Таких опресненых площадей получится около 700 тыс. га, считая в том числе и ближайшие к выходу пресной воды участки Азовского моря. Это дает не только новые районы рыбоводства, но должно увеличить также и рыбную продукцию Азовского моря.

Длинный перечень получаемых выгод надо учесть в связи с тем, что для выполнения всего предлагаемого не требуется ни остро дефицитных материалов ни технически трудных сооружений. В общем, все сооружения не подвергаются почти никакому напору гидравлического давления. Бетонных сооружений совсем мало: требуется только постройка двух почти безнапорных шлюзов для прохода в Днепровско-Бугский лиман и в Каркинитский залив, остальные же все устройства являются результатом земляных землечерпательных работ, для которых дефицитных материалов не надо. Я подсчитал, что все устройства обойдутся в сумму порядка 170 млн. рублей, а те выгоды, которые получаются на транспорте, на орошении, на обводнении и в рыбоводстве, составляют около 500 млн. руб., так что с затратой всего в 170 млн. руб. можно достичь огромного хозяйственного эффекта.

Так как предлагаемый проект является полным коррективом для Азовского моря, после изъятия воды Дона и Кубани на другие потребности, то мне представляется, что проект будет наивыгоднешею для Союза компенсацией Азовскому морю за ущерб, наносимый ему реконструкцией Волги. Положительная особенность предлагаемой компенсации заключается в том, что она не только не требует специально для себя денежных жертв, но, напротив, даст стране новые богатства и огромную ренту на затраченный капитал.

Проф. Пузыревский. Н. М. Книпович в своем докладе нарисовал очень грустную картину рыбного хозяйства после того как будут устроены плотины, которые нужны для энергетики, для мелиорации и т. д.

Затем другой докладчик, М. И. Тихий, рассказал о положении рыбного хозяйства и о том, как можно его до известной степени сохранить после устройства плотины, и какие места для нереста в нижних частях реки может найти рыба, подымавшаяся в верховые части рек, когда течение их было свободно.

Однако ни один из докладчиков не указал, как провести рыбу через сооружения. Условия для существования рыбы в перегороженной реке несколько иные, чем в свободной; может быть места нереста перенесутся выше? На этот вопрос должны дать ответ специалисты-ихтиологи. Необходимо добиться, чтобы эти сооружения оказались проходимыми для рыбы и приносили возможно меньший вред рыбному хозяйству. Я занимался вопросом о рыбоходах и могу сказать, что уже достигнуты некоторые осязательные результаты, правда еще не окончательные.

Мы осмотрели имеющиеся в Союзе рыбоходы и установили, что рыба через них не проходит. Например, на Земо-Авчальской плотине попробовали пустить рыбу, но, простояв часа два, она просто засыпала, потому что ее ход был невозможен. Через другой рыбоход около Александровска, на Южном Буге, проходит небольшое количество рыбы, но она получает поранения. На Волхове рыба совсем не может итти через рыбоход.

Мы устроили опытный рыбоход, состоящий из нескольких отделений, заполненных водой, горизонты воды в которых были на 12—15 см один выше другого, и сиг преодолевал эти перепады.

У меня имеется протокол прохождения сига, составленный рыболовным учреждением, мной и моими сотрудниками и представителем Гидротехнического института, который я передаю для сведения Академии Наук. Я считал бы полезным, чтобы Академия Наук и наша Секция признали необходимым продолжать такие опыты до получения окончательных результатов. Может это будет один из способов спасения рыбного хозяйства.

А. П. Семенов-Тянь-Шанский. В качестве одного из пионеров в деле охраны памятников природы, должен признаться, что все, что связано с этими проектами использования Волги в разных направлениях, заставляет нас беспокоиться о памятниках природы.

Не говоря уже о том, что сам Каспий представляет громадного значения памятник природы, но, наряду с этим, в низовьях Волги есть тоже памятники природы в виде нахождения многих животных, птиц, растений, начиная с лотоса и др. Все это мы старались охранять. Теперь, при изменении характера всех этих водоемов, возникает большая угроза всему этому делу, и нам здесь надо будет подумать о том, — как и что надо будет сохранить и выработать меры этой охраны.

Что же касается вообще использования Волги, может быть в ущерб рыбному хозяйству, то я должен сказать, что мы должны работать

не только для сегодняшнего или завтрашнего дня, но и заботиться о будущем человечестве и, конечно, беречь все ресурсы, которые могут его питать и содействовать его благосостоянию.

После заслушанных нами сегодня докладов, я думаю, всем ясно, насколько велики и ценны те запасы, которые еще не использованы в Каспийском и Азовском морях и которые в будущем надо будет сберечь для будущего человечества. Я полагал бы, что в резолюции нашей Секции следовало бы отметить интересы охраны памятников природы.

В. Г. Глушков. Несомненно, что деятельность инженеров, которой предстоит развернуться в ближайшее время весьма широко на наших внутренних водах, изменит существующие на них естественно-бытовые условия. Было очень интересно выслушать требования специалистов-ихтиологов, которые они предъявляют к водоемам, для того, чтобы интересы рыбного хозяйства как можно меньше пострадали. Особенно ценным является тут, я бы сказал, количественный подход, а именно определение того, какой уровень вреда получится при известном соотношении конкретных гидрологических условий, создаваемых искусственно на водоеме. Меньше всего были бы приемлемы позиции сохранения водоемов в таком виде, как они существуют. На этих позициях никто и не стоит, и я говорю об этом только в качестве примера. Научно-аналитический подход, на котором сейчас ихтиологи стоят, должен быть доведен до количественных выражений в этих предложениях.

М. И. Тихий делал в этом отношении известные попытки, которые следует приветствовать. Он, в данном случае, идет навстречу запросам современного момента и даст свои соображения. Для нас инженеров, которым придется осуществлять строительную часть, было бы чрезвычайно ценно, чтобы такая авторитетная коллегия, которая собралась здесь, во время сессии Академии Наук, дала конкретную оценку предложений М. И. Тихого, — согласна она с ним или нет. Если она согласна, то это дает определенную установку для деятельности инженеров, и мы будем знать, чего мы ожидаем от нашей работы. В случае несогласия с данным предложением, следует внести конкретные коррективы. Если сейчас нет конкретных материалов для того, чтобы сформулировать эти коррективы, то необходимо дать конкретные задания для исследовательской работы на ближайшиее время, чтобы в результате получить необходимые материалы для суждения о том, что мы будем иметь в условиях гидротехнического строительства.

В результате мы получим указания, существенные для инженеров, в смысле проектировки. Например, мы уже получили весьма ценные указания на то, что по возможности не следует трогать уровня Каспийского моря. Это пробудило у инженеров мысль и начались поиски выхода из положения. Пришли к выводу о переброске северных рек и о переброске вод Дона. Возник вопрос об угрозе осолонения Азовского моря. Сейчас же является предложение по подпитыванию Азовского моря (предложения инж. Никольского и инж. Романовского). Сегодня мы заслушали очень интересное предложение по этому во-

просу инж. Романовского. Оно касается питания Азовского моря водами Днепра совершенно обходным путем, через Днепровско-Бугский лиман.

Таким образом, мысль сейчас же начинает работать, как только получаются конкретные формулировки. На это я обращаю особое внимание. Если вам необходимо иметь несоленое Азовское море — инженеры будут думать и предлагать способы избежать этой солености. В частности, по поводу половодья и поемов Волги следует поставить конкретные задачи.

Необходимо конкретно указать, до каких пределов уровень волжских вод должен подниматься. При проектировке мы, инженеры, вероятно, дадим то, что вам требуется. Я опасаюсь, и — это самая страшная вещь для нас, — что к моменту осуществления работы вы нам еще не сформулируете своих конкретных количественных требований. Поэтому нужно вам, биологам, торопиться и итти значительно большими темпами. Направление — куда надо итти — определенное и ясное. Вы должны нам, в количественных выражениях, дать свои требования.

В связи с тем, что было предложено давать формулировку наших предложений, С. А. Зернов дал мне конкретное задание — проверить в отношении высоты волжского половодья, как обстоит дело с подъемом воды, и что нужно было бы сейчас, хотя бы в предварительной форме, фиксировать. Нужно ли говорить о сохранении половодья на низком уровне подъема, на средне-низком уровне, на среднем подъеме и т. д.

У меня имеются сведения об уровнях на внутренних водных путях за 30 лет. Имеется график колебаний уровня за 30 лет по Астраханскому водомерному посту. Рассматривая эти материалы в виде графика колебаний уровня, убеждаемся в том, что эти колебания уровня максимальной высоты подъема вообще довольно однообразны в смысле высот, до которых доходит вода. Это естественно, потому что здесь имеется постоянная база в виде уровня Каспийского моря. Поэтому сильная разница в подъемах, которая имела место вверху, тут значительно сглаживается. Я набросал диаграмму повторяемости высоты уровня в саженных мерах.

На диаграмме заштриховкой изображена повторяемость подъема за 30 лет. Самый высокий подъем был, примерно, на сажень три четверти. Все нулевые горизонты совпадают, как вы видите по этому графику, с низким уровнем (это по астраханскому графику).

Самый низкий подъем был несколько ниже 1 сажени. Три случая имелись в пределах первой четверти сажени (от 1 до 1.25 саж.), 14 случаев имелось в пределах второй четверти и 13 случаев имелось в пределах верхней, третьей четверти сажени.

Таким образом, повторяемость такова, что из 30 случаев 26 случаев сосредоточено в пределах полсажени — от $1\frac{1}{4}$ саж. до $1\frac{3}{4}$ саж. Были 4 случая более низких подъемов. В среднем, подъем получился до 1.47 за 30 лет.

Интересно было бы узнать, каковы были условия за эти три малоподнимавшиеся годы. 1891 и 1890 годы были низкие. Следующими по подъему получаются 1898 и 1883 годы. Эти низкие подъемы я взял, начиная от самых низких. Были ли в этих случаях какие-нибудь неприятные происшествия?

Происшествия неприятного сорта я в этих случаях разделяю на два класса: коренные неприятности и неприятности производственного порядка. К коренным неприятностям я отношу невозможность массового вывода мальков, массовую их гибель, а к неприятностям производственного порядка я отношу такие, как непривлечение рыбы в массовом количестве, в виду отсутствия большого паводка в пределах речных протоков, отчего может оказаться пониженный улов данного года, когда случалось низкое половодье. Это — производственные неприятности мелкого сорта, которые получились из-за того, что рыба сюда не пришла, но по традиции ее ждали, вместо того, чтобы ее искать в других местах. Но если она не пришла в этом году, то ее можно получить в будущем году. Необходимо прежде всего отметить неприятности первого сорта, когда имеются затруднения для размножения рыбы, но не тогда, когда нам трудно ее ловить. Интересно было бы выяснить, какой из этих годов катастрофичен для размножения рыбы. Пока мы еще не можем дать ответ на этот вопрос. Когда мы получим этот ответ, нам будет легко орудовать. У меня получились впечатление, что здесь имеются затруднения производственного порядка, но не в смысле размножения.

У меня лично возникает такой вопрос: безразлично ли ихтиологам, какая вода проходит по реке, естественная ли паводочная или вода, которую мы будем пускать из водохранилищ (отстоенная и т. д.)? И в чем тут разница — в хорошую или худую сторону? Например, при спуске воды из водохранилищ где-нибудь в Камышине какую воду вы здесь получите? Превратится ли эта вода в речную или испортится? Меня интересует, как вы относитесь к этому, когда требуется сберегать воду, чтобы она не причинила вреда вашей астраханской селедке?

Далее вопрос относительно солености: до каких пределов эта соленость может доходить, и каковы ваши перспективы в этом смысле? Я бы просил лиц, которые хорошо знают солевой баланс Каспийского моря, хотя бы Н. М. Книповича, ответить на такой вопрос. Карабугазский залив ежегодно выкачивает определенное количество соли из Каспийского моря. Каково это количество: равно оно или больше, или меньше той суммы солей, которая вносится реками, т. е. опресняет ли Карабугазский залив Каспийское море систематически, с постепенным понижением этой солености, или не допресняет и хорошо это или плохо для вас в первом, втором и третьем случае, т. е. хорошо ли, что он опресняет? Другими словами, следует ли сохранить Каспий, как он есть, в смысле солености, или вы допускаете медленный, постепенный ход его засоления или медленный постепенный ход его опреснения? Бадер советует засыпать Карабугазский пролив, чтобы залив высох; там имеются большие соляные

запасы, которых хватит. Было бы интересно выяснить вопрос с точки зрения рыбного хозяйства.

Далее весьма важно решить вопрос о водоскоплении в водохранилищах; какие воды вам нужны? Если мы, пользуясь водой, отстоявшейся из Камышинского водохранилища, создадим паводки в низовьях Волги и понизим до среднего уровня, — то будет ли это тем, что нужно вам или нет?

Нам совершенно необходимо иметь ответы на эти вопросы для того, чтобы решить схему в целом.

Здесь была сделана очень ценная попытка, — попытка биологического районирования Каспия по естественным провинциям, к которым тяготеют известные сорта рыб. Было бы очень существенно узнать мнение нашего собрания по этому поводу.

Последний мой вопрос такой: мыслимо или нет привить рыбе какие бы то не было навыки, в том смысле, чтобы заставить ее нереститься в местах, где она не гуляла? Молодь, которую вы выпускаете на заводе, когда подрастет, возвращается ли туда или идет со старшими товарищами туда, где они гуляли?

Н. М. Книпович. В. Г. Глушков поднял здесь чрезвычайно важный вопрос: при каких условиях рыба попадает в неблагоприятные условия вследствие естественных причин, а не в силу деятельности человека? Я бы прибавил к этому еще другую сторону вопроса, а именно: какие условия наиболее благоприятны для рыб, помимо деятельности человека?

Я занимаюсь изучением Каспия с 1885 г. За полвека, насколько я знаю, не было ни одного исследования Каспийского моря, которое было бы доведено как следует, до конца. Единственное большое исследование было намечено около 1914 г., когда был поставлен, впервые в истории исследования русских вод, вопрос об исчерпывающем исследовании одного водоема, именно Каспийского моря. Исследования 1914—1915 гг. должны были служить введением, на основании которого предстояло выработать план исчерпывающих исследований. К сожалению, через несколько дней после начала работ в 1914 г. началась война, и большим счастьем оказалось то, что удалось выполнить хотя это предисловие. Ни одного цельного большого исследования с тех пор не было. Были фрагментарные исследования, которые полного глубокого знания, которое нам крайне необходимо, не давали.

Я вполне понимаю насущную необходимость дать ответ на вопросы, поставленные В. Г. Глушковым, но, к сожалению, уровень наших знаний в настоящий момент дает нам возможность ответить только провизорно. Мы можем указать на явления, которые не учитывались и которые должны учитываться, и осветить некоторые общие вопросы, но дать цифровых данных мы еще не можем.

Что касается вопроса о необходимой величине паводков, то я должен сказать, что пока единственная формулировка, которая была целесообразна, — это добиваться того, чтобы паводки были не ниже средних, потому что все, что мы знаем, заставляет нас считать, что если мы будем брать низшие уровни паводков, то это будет игрой на

неурожай. Так же точно, как нельзя ставить сельскохозяйственный вопрос по такой линии, чтобы брать расчет на недород. Здесь промелькнула мысль о том, чтобы давать паводки не ниже самых низких цифр, но ставить вопрос таким образом было бы преступлением; это значило бы прямо итти на неурожай. Пока мы так мало знаем, приходится брать осторожную цифру среднего паводка, который имеется сейчас; это единственное, что можно сказать.

Председатель. У вас выходит так, что средний уровень есть наиболее частый, и значит мы тут ничего не выигрываем.

В. Г. Глушков. Да, кроме очень высоких уровней, и с этой точки зрения здесь довольно симметричное расположение.

М. И. Тихий. Но при этом мы избавились бы от этих, крайне низких, паводков, что было также весьма важно.

В. Г. Глушков. А разве действительно неурожай получается при низких паводках? В какой срок происходит рост рыбы?

М. И. Тихий. Года через четыре. После очень низких паводков лов идет хуже. Но, наряду с этим, мы знаем и поразительно высокие уловы, без всякой помощи каких бы то ни было мероприятий.

В. Г. Глушков. Но это могло получиться благодаря большим массам, которые сюда приходили.

М. И. Тихий. Это непохоже.

Проф. Кениг. Товарищи, я не могу прежде всего не воздать должного прослушанному нами докладу. Это — доклад, который ставит четко целый ряд задач и дает известные предпосылки и направление инженерной проектирующей мысли в отношении того, как нужно удовлетворять потребности рыбного хозяйства. Но этим не исчерпываются нужные нам данные. Многое из того, что я собирался сказать, когда просил слово, уже сказано В. Г. Глушковым. Я не буду повторять отмеченных им вопросов так же, как не собираюсь повторять того, что я говорил вчера на общем собрании по вопросу о громадном значении представленной схемы Большой Волги как с общей народно-хозяйственнй точки зрения, так и в качестве первого широкого постепенного разрешения основных задач рационального водного хозяйства в государстве, которое является единственным в мире, имеющим право и возможность распоряжаться всеми водными ресурсами страны и обеспечить осуществление наилучшего их регулирования, распределения и использования в интересах всего народного хозяйства.

Я хочу остановиться на некоторых вопросах, которые касаются непосредственно рыболовства. Поскольку ставится вопрос о рациональном водном хозяйстве в бассейне Волги и в связи с этим и на Дону, для удовлетворения нужд всего народного хозяйства в целом, приходится искать такого решения, которое дало бы нам наивыгоднейшую комбинацию распределения и использования вод для разных целей: для судоходства, питьевых нужд, утилизации гидроэнергии, мелиорации земель и для использования полезного содержимого вод, т. е. в частности для рыбного хозяйства.

Однако создать наивыгоднейшую схему — это значит удовлетворить все водохозяйственные нужды одинаково, одновременно и полностью. С государственной точки зрения необходимо выбирать такое решение, которое является наивыгоднейшим по совокупности намечаемых народнохозяйственных достижений в целом.

При этом плане развития водного хозяйства, без нарушения своей целесообразности, можно предвидеть, что в известных районах некоторые существующие отрасли использования водных ресурсов, имеющие сами по себе очень большое значение, могут потерпеть некоторый ущерб, поскольку таковой компенсируется другими народно-хозяйственными плюсами, но нужно знать заранее, какой предвидится ущерб, где и в чем он конкретно выражается.

В комбинированных схемах, которые мне лично приходилось составлять для некотрых водных бассейнов, значительно меньших по объему, чем схема реконструкции Волги, доложенная здесь проф. Г. К. Ризенкампфом, мы очень часто наталкивались на самый больной вопрос о конкретных нуждах рыболовства, рыбоводства и рыбного хозяйства в целом. Это происходило именно оттого, что у нас, гидротехников, нет показательных индексов для того, чтобы определить, какие именно условия нужно сохранить или создать в интересах рыбного хозяйства и какой будет ущерб, если мы не сможем соблюсти некоторых из этих условий при регулировании расходов и горизонтов воды в водных артериях, для осуществления других водохозяйственных проблем.

Попытка в конкретной форме поставить эти задачи и конкретно дать ответ на возникающие вопросы это — большой шаг вперед, и этот шаг вперед сделан был в сегодняшнем докладе М. И. Тихого. Дальнейшее исследование этих вопросов, конечно, встретит немалые трудности и потребует длительного времени. Необходимо приступить к исследованию возможно скорее, и в первую очередь выяснить хотя бы основные данные.

Далее, мне хочется обратить внимание секции на один существенный вопрос, касающийся нерестилищ и рыбных пастбищ. Нам, гидротехникам, и вообще лицам, которым хотелось бы правильно составить схемы устроения водного хозяйства, на основе регулирования стока с переброской вод из одних речных бассейнов в другие (что, конечно, доступно только в нашем Союзе, где все воды принадлежат государству), часто приходится сталкиваться с целым рядом вопросов, относящихся к условиям рыбного холяйства, на которых я хочу остановиться. Один из таких вопросов — вопрос об изменении интенсивности и уровней естественных весенних половодий. В этом вопросе я хотел бы оттенить одно обстоятельство, о котором в докладе М. И. Тихого не было упомянуто. Я имею в виду следующие обстоятельства: для икрометания рыбы и развития мальков существенным являются условия весенней поймы, в которых совершаются эти процессы. Тут крайне отрицательным фактором в естественных условиях является то, что при обильных половодьях в низовьях Волги, Дона, Днепра и др. рек рыба для икрометания выходит далеко в разлив, где затем и появляются мальки.

Затем вода спадает, и громадное количество мальков остается в пределах поймы в углублениях, староречьях, ериках и т. п., которые не имеют уже сообщения с материнской рекой. Вследствие этого масса мальков погибает. Борьба с этим обстоятельством путем проведения специальных рыбоходных каналов, как показывают опыт, и в частности мероприятия на Нижнем Дунае, может оказать громадное полезное для умножения рыбных богатств воздействие, причем может компенсировать в значительной степени возможные неблагоприятные для рыбного дела последствия изменения уровней весенних вод и площади разлива, которое вызывается другими водохозяйственными потребностями, в частности регулировкой стока вод, уменьшающей высокие весенние половодья. При условии, что спасающие жизнь миллиардам мальков рыбоходные каналы будут проведены, они совместно с другими мероприятиями по рыбохозяйственной мелиорации пойменных нерестилищ смогут в известной степени, а может быть и полностью, компенсировать тот ущерб для рыбного хозяйства, которого опасаются в результате регулирования и перераспределения стока вод.

Нам — гидротехникам — было ясно, что нельзя допускать понижения уровня Каспия. На этом вопросе я не собираюсь останавливаться, потому что он, как-будто бы, ни у кого возражений не вызывает. Но по вопросу, каково будет влияние изменений размеров половодий на рыбное хозяйство или, вернее, вообще изменения питания Волги и Дона жидким и твердым стоком в разное время, а также по вопросам, о которых говорил В. Г. Глушков, необходимо получить, по возможности, срочно ряд конкретных данных. Я думаю, что до того времени, когда эта схема, я надеюсь, будет полностью осуществлена, мы уже получим нужные ответы и лимиты, с которыми можно будет считаться, хотя бы для них и потребуются довольно сложные исследования. Но это, повторяю, не так страшно, ибо важно сейчас только в основном знать и установить главнейшие моменты.

Что касается выдвинутого сегодня предложения инж. К. Т. Романовского, то нам уже в порядке проработки схемы была известна его идея о переброске днепровских вод в Азовское море для того, чтобы спасти его от грозящего осолонения. Я думаю, что эта мысль и проста, и ясна, и сравнительно легко осуществима. Она не включена была в общую схему реконструкции Волги, потому что она возникла, собственно, только тогда, когда товарищи-рыбоводы, указали нам, в противоположность некоторым предшествующим заключениям специалистов, на ожидаемый ущерб рыбному хозяйству, если Азовское море осолонится. Но если это действительно представит значительный ущерб, то было бы важно этот ущерб указать в числовых выражениях продуктивности и отсюда вывести заключение о том, насколько целесообразна для устранения его затрата определенных средств. Тогда, конечно, в ближайшую же очередь, вместе с дальнейшей проработкой и осуществлением общей волжско-донской схемы, мог бы быть выдвинут и вопрос о передаче в Азовское море днепровских вод. Эта передача даст еще целый ряд народно-хозяйственных плюсов: возможность водного транспорта нефтегрузов и угля непосредственно

в бассейне Днепра, орошение земель и целый ряд других, которых я повторять не буду. Но некоторые расходы должны пасть и на рыбоводство, и важно было бы знать, сколько именно.

Далее мне, как специалисту, занимающемуся в данное время вопросами о доно-волжском водном пути, было бы интересно выяснить величину площади нерестилищ в низовьях Дона, которые должны остаться заливаемыми весною после изъятия воды из Дона в Волгу, для того, чтобы донское рыбоводство не потерпело ущерба.

При этом следует обратить внимание на следующие обстоятельства. На Дону, выше Калача, мы создаем по схеме огромное водохранилище, которое тянятся вверх по Дону, причем площадь его будет даже несколько больше, чем соединенная площадь Чудского и Псковского озер. Эти озера я в свое время имел случай исследовать, и условия рыбоводства там мне известны. Мне кажется, что создание на Дону громадного проточного бассейна, по площади напоминающего Чудской бассейн, создает новые благоприятные условия рыбоводства, может быть, покрывающие до известной степени тот ущерб, который может произойти в низовьях Дона.

Тут я опять-таки хочу напомнить, мы избавляемся от катастрофических половодий по Дону, как и по целому ряду других рек при регулировании стока которые приносят теперь ущерб санитарным условиям населения в смысле малярии, создаем магистральной водной путь, утилизацию энергии, мелиорацию земель и т. д. Так образом, плюсы здесь превышают те ущербы, которые может потерпеть рыбоводство.

Когда мы регулируем сток воды по Волге и по Дону, то мы получаем возможность сельскохозяйственного использования целого ряда различных пойменных земель, которые раньше заливались, а теперь не будут заливаться. Но атмосферные стоки с этих земель попадут в реки, а вместе с тем попадут туда продукты и вещества, которые, с изменением сельскохозяйственного использования земель, могут до известной степени служить для питания рыб. Следовательно, питание рыб окажется в других условиях, чем сейчас. Поэтому, поскольку в низовьях Дона после осуществления проектов регулирования стока и откроется возможность прорастания таких культур, которые там сейчас совершенно неизвестны, как напр. рис и т. п., то важно было бы знать, при каких условиях получится некоторый плюс, а может быть и некоторый минус для рыбного хозяйства. Все эти обстоятельства надо будет учесть. Ведь сейчас, при неурегулированном еще водном хозяйстве в целом и при развитии промышленности, благодаря сбросным водам часто создаются условия, гибельные для рыбы. Например, на Северном Донце есть химический завод, который причиняет рыбе колоссальный вред. Такие же совершенно недопустимые явления имеют место и на некоторых других реках. Регулированием же стока можно достигнуть использования миллиардов квтч. гидроэнергии, получить судоходные пути, мелиорацию земель и т. д. Если это и принесет, может быть, некоторый ущерб существующему рыбоводству, то, мне кажется, с государственной точки зрения мы могли бы на это пойти, если это неизбежно.

Закончу пожеланием, чтобы для уточнения схемы регулирования стока вод товарищи рыбоводы дали конкретные ответы на следующие вопросы:

Какая минимальная площадь для икрометания нереста рыбы и где? Какие максимальные скорости и минимальные глубины допустимы для рыбоходов. И, наконец, последний вопрос: если мы отрежем проход определенным мигрирующим рыбам Каспийского бассейна, например на Каме, то какой фактический ущерб потерпит от этого государственное рыбное хозяйство.

Мы получаем от устройства плотин здесь некоторые определенные плюсы; а в чем конкретно выражаются минусы? Нам говорят, что исчезнут, может быть, такие-то породы рыбы, а как этот ущерб народного хозяйства выражается в цифрах?

Из президиума. Данные имеются.

Проф. Кениг Интересно было бы выяснить, насколько эти данные достоверны, окончательны. Академии Наук и исследовательским организациям следовало бы заняться этим в первую очередь. Тогда представленная схема, в основном, повидимому, с точки зрения рыбного хозяйства не вызывающая возражений, могла бы быть в ближайшие годы уточнена и осуществлена. В результате этого получились бы совершенно новые, крайне благоприятные условия для расцвета народного хозяйства по всему громадному району, который занимают бассейны Волги и Дона, составляющие более трети Европейской части нашего Союза.

Кучин. Из всех докладов, прочитанных на Сессии, явствует, что гидротехническая и водохозяйственная реконструкция водных бассейнов коренным образом изменит весь режим, а вместе с ним и биологичиские свойства водоемов. При этом будут неизбежно нарушены естественные условия существования водных организмов. Голос проф. А. П. Семенова-Тянь-Шанского, призывавшего сохранить «памятники природы», к которым он причислил, между прочим, и Каспийское море, прозвучал здесь анахронизмом. У нас существует Комитет по охране и развитию природных богатств, который имеет установку на развитие народного хозяйства, исходит из необходимости его реконструкции. Применяясь к перспективам и планам, которые намечаются и уже осуществляются так энергично и быстро в нашей стране, Комитет вырабатывает соответствующие меры развития природных богатств отстаивая, насколько возможно, природу в той степени, какая необходима для научного изучения, для культурных, а отчасти и хозяйственных целей. Нет сомнения, что Каспий нуждается как в дальнейшем изучении, так и в рационализации его использования. Астраханский заповедник Наркомпроса это — первый шаг в направлении охраны и изучения северной чати Каспия.

М. И. Тихий в своем интересном докладе, к сожелению, мало внимания уделил водохранилищам, вопросу о их продуктивности и научному освещению проблемы изучения этих водохранилищ. Сейчас много внимания уделяется водохранилищам и много спорят о том, какими должны они быть и какова будет судьба речной фауны после

затопления обширных площадей. Институт озерного и речного рыбного хозяйства сейчас как раз обследует целый ряд существующих и территории будущих водохранилищ.

При современном состоянии наших знаний, как отметил в своем докладе М. И. Тихий, к сожелению, еще нельзя дать определенных ответов на целый ряд конкретных вопросов, заданных ихтиологам проф. В. Г. Глушковым. Поэтому схема рыбоводных мероприятий, намечаемая в новых водохранилищах, недостаточно широка и недостаточно глубоко разработана.

М. И. Тихий говорил о левых и правых и называл свою линию генеральной. Мне кажется, что он из осторожности, и имея в виду слабую изученность биологии рыб и малую исследованность водоемов, страдает преуменьшительными тенденциями,

Из всех вопросов, поставленных В. Г. Глушковым, я мог бы дать ответ только на один вопрос. Он спрашивал: меняют ли рыбы свои навыки при искусственном разведении, при пересадке в другую среду и т. д. Этот вопрос, с моей точки зрения, также не подвергался серьезному обстоятельному изучению и, как многие вопросы рыбоводства, он заслуживает того, чтобы были усилены экспериментальные работы в области рыбоводства. В частности, перечень тех рыб, которые намечаются М. И. Тихим для новых водохранилищ — сазан, карп, лещ, карась, судак — на Верхней Волге, свидетельствует об осторожном подходе ихтиологов к рыбоводным мероприятиям.

На основании своего, больше чем 30-летнего опыта я должен заявить, что опыты, которые приходилось проводить, навели меня на мысль, что действительно можно переменять привычки даже проходных рыб. Опыт разведения волховского сига в Пестовском озере был прерван, но все-таки он показал, что сиг в этом озере растет. Затем интересен опыт пересадки сига в оз. Синаро на Урале. Хотя часть сигов и ушла во время промыва плотины, но сохранились производители, заполнившие озеро потомством. После посадки незначительного количества мальков, всего нескольких тысяч, они достигли там громадного эффекта: 9600 и более килограмм продукции в год. И сиг на 30 % вытеснил там местную фауну. Однако надо сказать, что изучение таких интересных фактов до сих пор не было достаточно серьезным. Я считаю, что на это не надо жалеть средств, и приветствую открытие в Свердловске опытной рыбохозяйственной станции, которая этим изучением опыта должна заняться. Рыбоводство вообще стоит у нас на начальной стадии. Мы только вчера решились приступить к научному освещенею этого большого вопроса и положить в основу всех рыбоводных мероприятий научно-иследовательскую работу. Научно-исследовательская работа, в форме экспедиционной, не всегда может дать те результаты, которые требуются для обоснования схем по реконструкции водного хозяйства. Для изучения биологии целого ряда промысловых рыб надо переходить к станционарным работам. Но оказывается, что гидростроительство и проектировочные учреждения отпускают на это дело очень малые кредиты, дающие возможность только собирать существующие литературные и др. материалы, перерабатывать их и представлять

в оформленном виде. А требования к ихтиологам предъявляются очень строгие.

Я думаю, что самый факт возникновения этих важных вопросов на Сессии Академии Наук, где собрались работники многих отраслей хозяйства, должен иметь большие последствия для развития экспериментальных работ в области ихтиологии.

В связи с теми гидроэнергетическими проблемами, которые здесь проходили, уже намечаются определенные точки для комплексной стационарной работы.

Валдай, на который указывал инж. Ф. С. Воеводский как на важный энергетический центр между Москвой и Ленинградом, является удачным местом, где предполагается сосредоточить стационарную научно-исследовательскую работу. В Валдае должна быть организована станция в тесной увязке с валдайской проблемой, и необходимые средства должны быть ассигнованы на экспериментальные работы.

Укажу еще на один из объектов, к которому некоторые относятся до сих пор неправильно и слишком осторожно. Докладчик рекомендовал для Севера корюшку, ряпушку и снетки. Это — прекрасные рыбы. Я предлагаю взяться еще и за изучение и акклиматизацию белорыбицы, которая 25 лет тому назад была оплодотворена. Живая икра и мальки этой рыбы были доставлены до революции в Академию для изучения ее биологии. Однако и теперь еще она недостаточно изучена, а небольшие наши опыты акклиматизации ее в прудах, давшие интересные показания, были прерваны. Эти опыты следовало бы продолжать. При новых сооружениях следует попробовать изменить привычки этой белорыбицы. Можно эту проходную рыбу, как и волховских и других сигов, превратить в прудовых рыб и ослабить в ряде поколений их миграционные устремления.

Необходимо также возобновить опыты со стерлядью и над некоторыми другими рыбами для заселения водохранилищ.

Г. Ю. Верещагин. Для решения вопроса о том, какое влияние будет иметь изменение уровня Каспия на судьбы каспийского рыболовства, важен вопрос о том, на что тут нужно обратить особенное внимание, является ли тут наиболее важным приток пресной воды в Каспий или изменение уровня. Отсюда возникает такой вопрос: если предположить, что прекратится доступ воды Урала, то окажет ли это вредное влияние на продуктивность дна или она останется той же самой, если возместить этот ущерб другими водами. Этот вопрос не может быть решен. Н. М. Книпович склоняется к тому, что приток этой пресной воды окажет большое влияние на продуктивность дна, а М. И. Тихий в этом сомневается. Однако я должен сказать, что связь колебания уровней с величиной улова несомненна. Мне кажется, что это происходит не столько в связи с тем, что во время многоводных годов поступает много пресной воды, сколько с положением самого уровня.

Мы занимались на Байкале установлением этой связи, и оказалось, что в районе, в котором не имеется никаких притоков, например, в районе Малого моря, возможно установить для сигов определенную связь между высотой уровня и величиной улова. Значит вполне воз-

можно считать, что в этом и заключается сущность процесса. Дело не в количестве тех веществ, которые вносятся водами, а в том, что создаются более благоприятные условия для высокого стояния уровня и этим создаются хорошие условия для развития организмов, которые служили для питания рыбы.

Соотношение между высотой уровня и условиями самой массы воды является далеко не ясным. Это один из вопросов, который необходимо решить для того, чтобы учесть влияние изменения притока воды.

Самый вопрос о распределении притоков в водоеме, в который они впадают, также совершенно не ясен. На какое расстояние от устья распространяется приток воды? Как он распределяется? Он распределяется, конечно, неправильно, он концентрируется.

Таким образом, тут имеет значение не только питание, а также и неодинаковое распределение притока во всех частях.

Второй вопрос, который точно также остается пока неясным, это вопрос о продуктивности будущих водоемов.

М. И. Тихий дал определенный набросок продуктивности рыбы в этих будущих водоемах, но, конечно, этот набросок очень условен, потому что до сих пор не произведено точных обследований на искусственных водоемах, которые уже имеются, в частности на Днепрогэс. Исследования там производятся, но результатов мы пока еще не знаем. Эти исследования поставлены, главным образом, с биологической стороны, но с гидрологической стороны вопросы в достаточной мере не освещаются. Между тем вопрос об условиях в этих будущих водоемах представляет интерес не только с продукционно-биологической, но и с гидрологической точки зрения. Открытыми пока остаются такие вопросы, как распределение температур в этих будущих водоемах, связь этих температур с теми температурами воды, которая будет поступать на турбины, распределение температур по глубинам и т. п. Мне пришлось столкнуться с трудностями по этому поводу при разрешении некоторых вопросов по Ангаре.

Третий неясный с теоретической стороны вопрос, на который следует обратить внимание для того, чтобы исчерпывающе отвечать на ряд конкретных требований, предъявляемых нам, это — вопрос о режиме водоемов, которые будут образованы на месте этих плотин, причем режим этот должет быть освещен не только с точки зрения биологической, но и с точки зрения гидрологической.

М. И. Тихий. К сожалению, мои тезисы не были своевременно согласованы с тезисами Н. М. Книповича. В результате получилось досадное недоразумение, вызвавшее неприятные последствия. Инженеры, прочитав тезис Н. М. Книповича о невозможности опреснения Азовского моря через Сиваш, начинают думать, что этот вопрос совершенно отпадает и что проблема сброса днепровских вод в Азовское море вообще невыполнима. Это мне говорил и проф. А. В. Чаплыгин, акад. Г. М. Кржижановский и др. Я не понимаю, как возник этот тезис у Н. М. Книповича.

Мысль о переброске вод в Азовское море для опреснения с рыбохозяйственной точки зрения возникла у меня, как только

и познакомился с проектом Г. К. Ризенкампфа — в октябре-августе; что касается Сиваша, то о нем ни в этих тезисах и нигде нет упоминания.

Сегодня инж. К. Т. Романовскнй представил новый проект, повидимому, разрешающий эту проблему. Эту идею Главное управление рыбоводства приняло и предложило мне внести для резолюции, но я считаю, что ее необходимо технически проработать и подкрепить авторитетом нашего собрания.

Далее мне кажется, что основные положения наших докладов разнятся. У Н. М. Книповича все тезисы являются предостерегающими, и даже относительно малых рек имеется указание, что их изменение окажет соответствующее вредное влияние на рыб. Из тезисов Н. М. Книповича вытекает, что лишь сохранение или, во всяком случае, весьма незначительные изменения паводка могут сохранить наше рыбное хозяйство. Я в этом отношении согласен с В. Г. Глушковым и думаю, что товарищи пока еще не высказались о том, что мы знаем в этом отношении. Мы все еще находимся во власти стихии, и у нас еще нет рыбной промышленности. У нас есть рыбный промысел, и мы должны его превратить в рыбную промышленность. Одним из средств такого превращения является более рациональное, более экономное расходование воды. Вопросу о возможности уменьшения площади для нагула, который здесь поднял проф. Кениг, мы придаем большое значение. Он является отправным пунктом для проектирования мелиорации и рыбохозяйственных предприятий на меньших водных площадях.

В. Г. Глушков совершенно прав, что по мере вырабатывания общей схемы возникают новые вопросы. Конечно, сбросы воды, отстоявшейся или весенней, будут различны. К сожалению, я не могу ответить на этот вопрос определенно, но я принял его во внимание и при выборе схемы я тоже отчасти базировался на Самару. Если сбросить паводок, то он покроет определенные луговые места на расстоянии 1.5 тыс. км у Каспия. Так образом этот участок (*указывает на карту*) как бы оплодотворится соответствующими веществами, произведет снос веществ луговых и других угодий, и мы будем иметь приближение паводка к естественным условиям.

Вопрос с места. Одинаковы ли подъем, и спад паводка, дают ли они одинаковое питание или нет?

М. И. Тихий. Это, конечно, трудно сказать. По современным взглядам почти все богатства Волги зависят от выноса детрита органических веществ; если будут затронуты реконструкцией только низовья Волги, то в этом случае вынос органических веществ во время подъема паводка будет больше, чем при спаде.

Мне кажется, что это несовпадение можно объяснить изолированностью районов. Воды Волги (в силу вращения земли) отклоняются к западу, и твердый сток волжского происхождения не может попасть в восточную часть Каспийского моря и участвовать в непосредственном восстановлении там продукции.

Имеются указания, что ракообразные и рыбы питаются детритом. В литературе вопроса имеются лишь ничтожные указания (у Державина и др.). Детрит благодаря биохимическому процессу —

работе бактерий — превращается в сахар, участвует в питании ракообразных и играет здесь известную роль; нам неизвестно, однако, какое количество детрита, скапливаясь, не разлагается.

В северовосточном районе Каспия имеются большие заросли зостеры. Район имеет автономное значение: он сам себя питает. Быть может, мы не можем применить озерный принцип к данному участку Каспия. Однако становится ясным, что не Урал влияет на продукцию этого большого района. Урал вынес столько различных питательных веществ, что создается самостоятельная часть водоема, где происходит самостоятельный обмен веществ, разложение, минерализация органического вещества, которая достаточна для пополнения трат во всем этом участке. Правда, на этом участке Каспия имеет место круговое вращение воды, но оно касается только солевого состава.

Что касается „северного питания“, то я с полной ответственностью утверждаю, что оно не будет играть отрицательной роли. За недостатком времени я не имею возможности остановиться на этом вопросе.

(*Принимается резолюция и заседание закрывается*)

СЕКЦИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

ЗАСЕДАНИЕ 26 НОЯБРЯ 1933 ГОДА

Председательствует проф. В. Г. Глушков.

Председатель. Товарищи, разрешите объявить заседание Секции водного хозяйства и водного транспорта Сессии Академии Наук, посвященной вопросам Волги, открытым.

Слово предоставляется Р. Э. Давиду для доклада на тему «Узловые вопросы сельско-хозяйственного климатологического исследования района ирригации в Заволжьи».

Р. Э. ДАВИД

УЗЛОВЫЕ ВОПРОСЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО КЛИМАТОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАЙОНА ИРРИГАЦИИ В ЗАВОЛЖЬИ

В моем докладе я вкратце рассмотрю целый ряд вопросов, которые уже в течение нескольких лет были в Саратовской группе работников центральными, узловыми вопросами научного исследования. Нижнее Заволжье, как известно, находится в районе остро засушливом, и самый вопрос определения засухи, вопрос о том, что мы понимаем под словом «засуха», был для нас одним из существенных, на которых было построено все дальнейшее исследование.

Из всех определений засухи мы считаем наиболее правильным определение, данное Пенком. Засухи это — несоответствие осадков определенного периода с испарительными возможностями. Такое гидрологическое понятие дает в известной степени ключ к пониманию засухи, и потому правильная оценка баланса воды есть определяющий момент в жизни растительности. К этому чисто гидрологическому определению засухи и засушливости были внесены известные поправки, обусловленные тем, что мы имеем дело с живыми растениями, а не с водными поверхностями, и что это живое растение предъявляет в определенный период свои специфические требования.

Следует отметить любопытный факт, что требования растений в решающие моменты роста очень близки к тем испарительным возможностям, которые мы теоретическим путем устанавливаем при помощи различного рода формул, выведенных по испарению с водной поверхности.

Вопрос определения засухи, именно как явления нарушения равновесия между поступлением воды и ее потреблением, как явления равновесия, приуроченного к ведущим основным культурам, их потребностям, мне представляется особо существенным как момент, исходный для понимания засушливых районов.

В засушливых районах растения знают три важнейших критических момента, определяющих условия успеха урожая.

Первое и самое существенное условие, лимитирующее земледелие, — это вопрос о наличии достаточных запасов для весенней влагозарядки почвы, достаточный водный запас — это необходимая предпосылка возможности земледелия в засушливой зоне вообще. В засушливой полосе рассчитывать на образование запаса вод в почве в течение вегетационного периода — не приходится. Поэтому возникает весьма важный вопрос о минимуме водного запаса, необходимого вообще для земледельческих культур.

Водный запас в условиях снегосноса не обеспечивает урожайности даже в очень благоприятные годы, как, например, 1928 год. В 1921 году, водный запас в нормальных условиях снегозалегания был около 77 мм. В 1933 г. в тех же местах мы имеем 80 мм водного запаса земли.

Таким образом, независимо от того, какие вегетационные условия будут в дальнейшем, — засушливые ли с точки зрения динамики, или дождливые, — есть одна основная предпосылка, без которой урожай не возможен, это — достаточный водный запас в земле.

Установив этот лимит, мы направили все наши исследования уже чисто метеорологического порядка в сторону выяснения, в каких условиях и в каких районах, и как часто мы имеем достаточный водный запас налицо.

Средний же водный запас, дающий нормальный урожай (например у Саратова) будет в 146 мм и оптимальный запас — в 233 мм, т. е. выше 200 мм.

На основании этих цифр (а они представляют результаты 13-летних изысканий), можно сказать, что в засушливой местности, при водном запасе ниже 100 мм с весны, мы не можем гарантировать урожая. При водном запасе в почве около 200 мм мы можем рассчитывать, что при остальных благоприятных условиях урожай может быть оптимальным.

Мне кажется, что Кеппен в известной схеме об удельном весе зимних и летних осадков дает ошибочно использованный процент — поправку $\pm 30\%$.

Этот весьма интересный коэффициент подтверждает данные, которые мы получили экспериментальным путем. Но он имеет один крупный недостаток: он говорит о ± 30-процентной поправке.

Ясно, что если осенне-зимнее орошение будет выше 200 мм, то нельзя давать такой удельный вес, который ему придает Кеппен, а нужно брать гораздо меньше. Из тех опытных данных, полученных в результате наблюдений на Саратовской водной станции, мы имеем некоторые отправные точки относительно необходимого весеннего запаса воды в почве, без которого урожай невозможен в соответствующих условиях.

Далее, для нас было важно установить перспективы ирригации в отдельных районах. Первый район — охватывающий земли от р. Са-

марки до бассейна р. Иргиза включительно; второй район — Сырты—Еруслан, и третий район — район Каспия.

Спрашивается, какие мы имеем условия, при которых возможен урожай в силу климатических условий без дополнительного весеннего увлажнения.

Методы исчисления потенциальных водных запасов, которые могут находиться в почве, были мною опубликованы, поэтому я не буду останавливаться здесь на той методологии, которая мною принята при сопоставлении данных показаний снегомеров и дождемеров.

Укажу только, что в 1925 г. сотрудники Гидрологического института применяли мою методику исчисления на Слуцкой и целом ряде других станций и пришли к аналогичным выводам, т. е. на юге приходится пользоваться показаниями дождемеров, а на севере показаниями снегомеров.

Результаты этих опытов получились приблизительно те же самые.

Я считаю, что методология учета определения зимних осадков, которая была принята нами, всем известна, и поэтому я не буду на ней останавливаться.

Что касается учета зимних осадков в годы северных зим, при отсутствии оттепели, то он производится гораздо лучше по снегомерным показаниям и по учету среднего нарастания плотности снега. На основании кривых среднего нарастания плотности снега во времени были исчислены изменения водных запасов. По этим показателям для отдельных географических областей и в частности по изменению этой плотности для района Нижнего Поволжья, зная высоту и плотность снегового покрова, можно будет до известной степени устанавливать водный запас, сопоставляя его с дождемерными показаниями. При этом величина этого запаса в таком случае бывает гораздо ниже той величины, которую мы получаем при непосредственном учете высоты и плотности снегового покрова.

Таким комбинированным методом учета орошения южных зим по дождемеру, а северных по средней высоте снегового покрова, была составлена карта, при этом был взят большой район и совокупность показаний (как это сделано методологически и как отдельные группы станций приняты за одну — на этом я останавливаться не буду).

На карте изображен потенциальный водный запас за каждый год, начиная с 1891 по 1926 г., в трех районах будущей ирригации. В северном районе от Самарки до Иргиза, в центральном Сыртовом и в южном на Арало-Каспии. Темносиней краской отмечен тот вероятный водный запас, который аккумулируется в почве в виде жидких осадков за октябрь — ноябрь месяцы. Светлосиней окраской показан потенциальный водный запас в снегу, который был к моменту наступления максимального снегового покрова и плюс еще осадки до схода снега. Таким образом, темноголубой и светлоголубой столбики указывают на суммарный запас, который может аккумулироваться в почве, при условии отсутствия стока.

Испарение, конечно, мною не учитывалось. Я исходил из того положения, которое мне казалось верным для нашего края, именно,

что в зимнее время испарение снега представляет ничтожную величину. Мне известен целый ряд работ, в частности работа Майера, который считает, что снег испаряется, но я лично этого не наблюдал; наоборот, данные, которыми я располагаю по Нижнему Поволжью, позволяют мне усумниться в этом.

Таким образом, мы получили данные относительно суммарного водного запаса из осенних и зимних осадков, при отсутствии стока, по отношению ко всем трем районам на каждый год.

Эти данные нам дали представление о том, в какие годы мы имеем оптимальный водный запас, при условии отсутствия стока, который с точки зрения агрикультурной всегда возможно использовать полностью. Другими словами, мы получили известное представление, в каких районах, мерах и формах земледелие возможно. Очевидно, при наличии такого водного запаса, как правило, ежегодно возможна сплошная распашка, которая будет совершенно безопасна. Всякая другая возможная аккумуляция снега на данном массиве может поднять урожай лишь в том случае, если эта аккумуляция не будет выше 200-миллиметрового предела.

В среднем, для отдельных районов мы имеем такие данные: для районов Самарки, Кизеля и Иргиза, если бы мы сумели задержать в почве все талые воды, то мы получили бы средний водный запас порядка 160 мм, т. е., иначе говоря, до оптимальной нормы не хватило бы максимум 40 мм воды. Отсюда вывод — об ирригации на пришлой воде в целях создания достаточного запаса в почве. Если ирригация необходима, то только в рамках 40 мм или 400 м^3 воды. Если принять во внимание, что размер среднего стока Самарки до района Малого Иргиза равен около 80 мм, то отсюда можно сделать вывод, что один задержанный гектар стока может почти удовлетворить водозарядку при правильном его использовании. Конечно, известный коэффициент потерь не так просто находится, но теоретически это может почти удовлетворить 66% площади, занятой земледелием.

Отсюда вывод, что если бы мы аккумулировали весь местный сток, если, например, в районе Кинеля и Самарки оставим воду собираться на месте, то приблизительно часть неосвоенных земель (которая вряд ли будет меньше 34%, а иногда доходит и до 50%) будет достаточной для питания остальной площади (размером в 66% или 50%), нуждающейся в некоторой водной дотации в целях доведения до оптимального водного запаса в 200 мм; водная дотация из волжских вод в этом районе будет нужна только в исключительные годы глубокого снижения условий осенне-зимнего орошения.

Теперь позвольте перейти к рассмотрению другого момента — критического для земледелия. Таким критическим моментом будет период интенсивного роста — период от кущения до колошения. В этот период должно быть установлено определенное соответствие между орошаемостью и испаряемостью, когда испаряемость не должна превышать орошение.

Коэффициент корреляции, который нами был установлен между урожаем и метеорологическими условиями, равен 0.95. Была опреде-

лена почти функциональная зависимость в тех случаях, когда количество выпадающих осадков в критические моменты было приблизительно равно норме, которую могло испарить растение, и урожай получался отличный.

Испаряемость устанавливалась нами пятью путями, на которых сейчас я останавливаться не буду.

В книге «Ирригация в свете сельскохозяйственном и климатическом исследований» были даны аргументы для оправдания формулы, которая мною была дана еще в 1916 г. и которая сейчас совершенно совпадает с формулой А. Майера. Как было указано мною, испаряемость близка к формуле

$$\text{исп.} = \frac{-E-e}{2}.$$

На основании этой формулы нами были вычислены размеры недостатка влаги по сравнению с испарительными возможностями, которые наблюдались в отдельные годы.

На демонстрируемой карте представлен темножелтой краской дефицит влаги за каждый год в течение периода с 1891 по 1926 г. Темная краска — для мая-июня месяцев, имеющих громадное значение для урожая пшеницы, и светлая краска — для вегетационного периода, который соответствует испарительным возможностям, например, люцерны.

Если сравнить темно-желтые и голубые полоски на этой карте, то можно получить ясное представление о размерах орошения в отдельные годы, которые необходимы растениям. На основании этого анализа мы подошли к нормам дотации воды, необходимой для сельского хозяйства в периоды роста. Наши цифры фигурировали во всех расчетах норм полива. Демонстрируемая мною карта ясно показывает размеры этой величины. Вы видите, что в северных районах недобор влаги в решающие моменты только в исключительные годы является весьма большим (например в 1921 г.), а целый ряд лет мы имеем настолько ничтожный недобор, что он вполне покрывается наличным запасом воды в почве, при ее достаточной весенней влагозарядке.

Не имея возможности далее задерживать ваше внимание на этом моменте, я хотел бы только указать на то обстоятельство, что и в установлении размера дефицита влаги и во всех метеорологических работах мы исходили из непосредственных опытных наблюдений, которые производились на опытной станции.

Теперь перехожу к третьему, решающему моменту роста сельскохозяйственных растений — к рассмотрению высокого перегрева температуры. Вычисления показывают, что есть совершенно определенное соотношение между вредной температурой и урожаем пшеницы в периоде от колошения до созревания. Эта зависимость наблюдается в условиях сухого земледелия. При переходе к поливному хозяйству картина меняется; получается такой вывод, что высокая температура в июле не влияет на исход урожая; засухи в июле также серьезного

значения на исход урожая не имеют. Некоторое значение в условиях поливного хозяйства засухи имеют лишь в июне. При дальнейшем уяснении причин, почему получаются такие противоположные результаты, мы остановились на условиях микроклимата, которые создаются в самой растительности. Наблюдения были произведены как в условиях сухого, так и поливного земледелия.

Работа ведется в течение 2—3 лет и дала уже весьма любопытные результаты. Оказалось, прежде всего, что условия ветра, этого существенного фактора испарения, чрезвычайно сильно модифицированы. В условиях сухого земледелия мы устанавливали скорость ветра, которая оказалась равной около поверхности земли 20—30 см/сек. На высоте рабочего места скорости ветра сильнее, чем 1.6 м/сек., не наблюдали. В отдельных случаях ветер был слабее. Наблюдения показали, что и слабые ветры почти одинаково действовали на продуваемость посевов. Сильные ветры сравнительно мало усиливали продуваемость посевов. На этом я закончу.

Председатель. Слово предоставляется С. Л. Бастамову для доклада на тему «Климатологические характеристики района БГП и прилегающих областей».

С. Л. БАСТАМОВ

КЛИМАТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНОВ БГП И ПРИЛЕГАЮЩИХ ОБЛАСТЕЙ

Товарищи, Московский Гидрометеорологический институт и администрация обратилась с просьбой ответить на некоторые климатологические вопросы, которые, главным образом, будут касаться орографических особенностей рассматриваемой области.

Цель настоящей работы — установить ландшафтные характеристики климата, т. е. получить климатические характеристики отдельных пунктов района БГП на основании нормативов изменений метеорологических элементов по широте, долготе и высоте над уровнем моря.

Для того, чтобы попробовать ответить на поставленные вопросы, надо было, во-первых, посмотреть и разобраться в тех нормах климатологических элементов, которые мы имеем в этом отношении, а, во-вторых, имея распределение этих норм и имея их градиенты, подойти к вопросу выяснения влияния орографических особенностей того или другого места.

Когда мы стали разбираться в этом вопросе, то, во-первых, оказалось, что сеть метеорологических станций, на которую мы могли опираться, весьма немногочисленна.

На первой карте (*показывает*) нами нанесены те станции, которые имеют нормы климатологических наблюдений (нормы установлены Главной геофизической обсерваторией), на которые мы могли опираться.

Вторым недостатком является весьма неравномерное расположение этих станций: они, главным образом, занимают западную

сторону, на восток они убывают и в интересующих нас местах их далеко недостаточно. Но так как вопрос шел о некоторых нормах и работах, опирающихся на эти нормы, то мы могли ограничиться только этими станциями.

Далее мы вычислили те градиенты температур, которые получаются на уровне моря; потом в слое 0—50 м, 50—100 м и т. д. до 300 м, причем на 300 м мы имеем сравнительно небольшое количество станций.

Эта и аналогичная карты представляют собой температурные градиенты, вычисленные нами по широтам и долготам, с целью установления температурных характеристик в любом месте этого квадрата. Вычисления сделаны нами для квадратов, у которых строение 2° широты или 2° долготы. Для каждого такого квадрата мы имеем вычисленными градиенты температур по широте с запада на восток, и по долготе с севера на юг.

Имея такие градиенты на уровне моря, мы их вычислили дальше и для отдельных слоев высот над уровнем моря мы брали слои станции до 50 м, от 50 м до 100, от 100 до 200 м. На каждом уровне мы по меньшему количеству станций составили себе представление о нарастании или убывании температур при передвижении в определенном направлении.

К сожалению, я не могу показать все карты, но над каждым из этих уровней дано по небольшому количеству данных и не по всей местности, а в некоторых возможных отделах. Если речь идет о слоях в 200 м, то ясно, что мы будем иметь эти градиенты на северо-западе. И такая работа нами была произведена.

На основе этой работы оказалось возможным определить заранее с некоторой точностью температуру в любой заданной точке. Например, если мы имеем какую-нибудь станцию здесь и не знаем для нее достаточно характеристик, то мы можем по этой координатной сетке, имея эти градиенты, подойти к изучению этой станции.

Для проверки нами было проделано несколько таких примеров и мы имели довольно хорошее совпадение между теми данными, которые мы получили, таким образом, вычислениями и которые на самом деле эта станция имела. Этот этап работы показал, что количество станций действительно оказалось достаточно большим для того, чтобы каждая отдельная станция могла быть характеризована на основании этого общего материала.

В дальнейшем предстояло выделить те станции, которые имеют орографическую характеристику. Мы встретились с третьим затруднением в этой работе, а именно с большим недостатком материала для описания станций. К сожалению, мы не могли найти хороших полных описаний большого количества станций, и, главным образом, интересовавший нас вопрос о склонах, на которых расположены станции, нам удалось установить в сравнительно небольшом количестве случаев. Обыкновенно описание станций все-таки такого рода, что ориентировка относительно склона, крутизны этого склона, окружающей местности и т. д. дана в самых общих выражениях и мы

не имели возможности отнести станции совершенно легко к одной или другой категории. Но, во всяком случае, на основании довольно большого количества примеров были установлены эти орографические характеристики для целого ряда местностей.

Я приведу вам пример для целого ряда станций, который показывает влияние южного склона на распределение средне-месячных температур, т. е. на некоторую грубую климатическую характеристику. Понятно отсюда, что в отдельные дни, отдельные сезоны и в отдельные типы погод мы эти же коэффициенты будем иметь конечно гораздо более резкими. Разрешите мне просто прочесть порядок величин. Если мы имеем зимний период, то мы, конечно, влияния не наблюдаем. 0.0, +0.1 — было превышение южного склона над той нормой, которая получается для этой станции после вычисления по этим градиентам. Начиная с апреля +0.3, май уже +0.5, июнь +0.5, июль +0.9, август +0.9, сентябрь +0.6, октябрь +0.6, ноябрь 0.0, декабрь 0.0 и год +0.34.

Самый ход этой величины показывает, что действительно это та величина, которая в этой работе a priori должна была получиться, но, во всяком случае, мы имеем для летних месяцев превышение на полный градус — это выявленное влияние южного склона.

Если мы возьмем станции, расположенные на северном склоне (а таких станций, благодаря невозможности найти описание, у нас не так много, но то, что я говорю — это уже заведомо выяснено, что это действительно южные или действительно северные склоны) мы имеем следующее: от той нормы, которую мы получаем по этим градиентам, отличия такие: январь —0.4, февраль —0.5, март —0.6, апрель —0.6, май —0.7, июнь —0.6, июль —0.6, август —0.1, сентябрь —0.1, октябрь —0.1 и год —0.35.

Таким образом, мы видим, что опытное влияние северного склона наибольшее в весенние месяцы.

Таким образом, мы имеем максимум в весенние месяцы, главным образом в мае, потом эта разница несколько убывает, но во всяком случае можно сказать, что орография местности дает размах ±1° в зависимости от северного или южного склона; что касается склонов западного и восточного, конечно, там это влияние гораздо более расплывчато, просто потому хотя бы, что точка восхождения солнца меняется в течение года, стало быть и весь режим нагрева. Таким образом, те влияния мы не сочли возможным привести как совершенно установленные.

Аналогичная работа была проделана и по осадкам. Во-первых, были найдены отношения количеств осадков по широте и долготе, как вы видите на этих картах, составленные тоже только по тем станциям, которые имеют норму. Вопрос был поставлен нами таким образом: во-первых, были рассмотрены влияния на осадки тех небольших высот, которые здесь имеются, а затем, главным образом, было интересно рассмотреть влияние тех небольших высот по отношению к господствующим потокам, т. е. при нахождении станции за такой небольшой возвышенностью, насколько последняя все-таки может

иметь влияние. О том, что большие горные массивы имеют влияние, конечно, хорошо известно, и интересно было установить, можем ли мы сказать, имеют ли свое влияние такие возвышенности порядка 150—200 м, расположенные таким образом, что они преграждают некоторые воздушные течения.

Мы исследовали несколько станций (всего их было довольно много, но приведены мною только несколько): это Темир-Угол, Актюбинск-Угол, Уральск-Тремой, Иргиз-Эмба. На всех этих станциях мы получили величины порядка нарастания (позвольте на них не останавливаться), или, в тех случаях, когда это было нужно по рельефу, убывания, примерно, от 11—12 до 20% как в сторону положительного нарастания, так и в сторону отрицательного. Например, Уральск-Тремой имеем 0.91, 0.94, 0.91, 0.93 и т. д.; Иргиз-Эмба — 0.54, 0.68 и т. д., так что нужно считать, что в этом случае как-будто действительно можно полагать, что даже небольшие возвышенности, которые расположены определенным образом и преграждают некоторые воздушные потоки, которые вообще сопровождаются осадками, все-таки оказывают довольно заметное влияние. Конечно, речь идет все время о летних осадках, зимние осадки мы здесь не рассматриваем, что вполне понятно, потому что перенос снега по земной поверхности есть чрезвычайно сложное аэродинамическое влияние, на которое мы будем иметь целый ряд дополнительных явлений.

Наконец, в качестве характеристики влажности этого района, мы позволили себе еще продолжить и несколько дополнить мою работу по дефициту влажности, которую я проделал несколько лет тому назад. На продолжение этой работы меня натолкнули те идеи, о которых я прочел у проф. Талина, и мне захотелось эту работу продолжить. Во-первых, полностью подтверждается обстоятельство об очень хорошем совпадении испаряемости и среднего дефицита влажности. Так, целый ряд кривых дает довольно хорошие результаты, и это лишний раз подтверждает высказываемые неоднократно положения. Потом, наконец, самое распределение осадков совпадает в грубых и средних величинах.

За недостатком времени я не могу подробно останавливаться на этом вопросе и могу только в общих штрихах очертить эту работу. Она была довольно трудоемкой, к ней были привлечены студенты нашего ВТУЗ.

Теперь, когда я стал вдумываться в целый ряд проблем, которые намечаются, когда я познакомился с работами Р. Э. Давида, которые дают довольно богатый материал, то я выяснил, что невольно напрашиваются те соображения, которые возникают у каждого, кто в этой области занимается. Во-первых, я считал необходимым, что мы, геофизики, можем оказать существенную помощь ведущейся в СССР гигантской работе только в том случае, если, во-первых, будет проведена организация некоторых специальных станций научно-исследовательского значения. Здесь, может быть, нужно будет поставить вопросы испаряемости, вопросы режима, т. е. такие задачи, которые в настоя-

щий момент с большим трудом разрешаются на основании имеющихся материалов у станций. Они недостаточно чисты, и сама методика не отвечает тем задачам, которые мы предъявляем. Поэтому развертывание нескольких станций, которые имели бы определенную целевую установку, мне кажется, совершенно необходимо для того, чтобы дать микроклиматический и самый климатический материал.

Наконец, для вопросов изучения режима слоев, прилегающих к почве, мне кажется такая работа станций должна быть поставлена.

Я с удовольствием услыхал, что Р. Э. Давид успел сказать по вопросу об испаряемости, что испаряемость зависит весьма сильно от скорости ветра. Я должен сказать, что это совпадает с моими лабораторными работам, проведенными в Институте экспериментальной метеорологии. Такую параллельную работу, с одной стороны, лаборатории, а, с другой стороны, целевых наблюдений в природе, которые уже существуют, но которые нужно еще где-нибудь поставить для ответа на текущие и вновь ставящиеся вопросы, я бы считал совершенно необходимым условием для того, чтобы климатология и геофизика могли притти на помощь тому великому делу, которое делается сейчас, потому что сейчас таких целевых научно-поставленных данных мы не получаем и не всегда умеем ответить на те вопросы, которые мы ставим. Это сочетание таких отдельных наблюдений в природе, с лабораторными и теоретическими обработками, является наиболее целесообразным и наиболее многообещающим.

Председатель. Разрешите предоставить слово М. А. Лорис-Меликову для доклада на тему «Синоптические характеристики Арало-Каспийской низменности и бассейна Волги и их соотношение с общей атмосферной циркуляцией».

М. А. ЛОРИС-МЕЛИКОВ

СИНОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АРАЛО-КАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И БАССЕЙНА ВОЛГИ И ИХ СООТНОШЕНИЕ С ОБЩЕЙ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

Моя работа имела целью выявить по заданию Гидроэлектропроекта изучение динамики и термодинамики синоптических процессов существующего погодного режима изучаемого района. В связи с постановкой проблемы, таким образом, явилась необходимость рассмотреть совокупность всех метеорологических погодных характеристик изучаемого района с синоптической и новой динамико-климатологической точки зрения. Кроме того, было необходимо установить динамику важнейших тропосферических процессов, обусловливающих главнейшие устойчивые типы погоды в изучаемом районе. Далее, нужно было рассмотреть, как климатически влияет режим изучаемого района на связь с общей атмосферной циркуляцией, потому что мы не можем рассматривать климатический режим вне этого процесса. Затем следовало установить статистически и фактически проанализировать те типы

погоды, которые наблюдаются в данном районе вообще, и те типы погоды, при которых осуществляются вредные явления, а именно — засуха, суховей, и полезные явления — значительные осадки.

Далее было важно рассмотреть, как особенности географического ландшафта влияют и искажают процессы общей атмосферной циркуляции. Вот основные задачи, которые были нами поставлены.

Напомню, что общая атмосферная циркуляция расчленяется на две циркуляции: первичную циркуляцию, обусловливаемую действием основных факторов неоднородного распределения солнечной энергии по широтам, распределения морей и континентов и т. д., вторичную циркуляцию, осуществляющуюся на фоне первичной и являющуюся совокупностью движений всех циклонических полярно- и арктически-фронтовых серий и серий антициклональных, впервые изучавшихся В. Мультановским, давшим систему его основных антициклональных осей.

Нас будут интересовать на пространстве северного полушария сибирский антициклон в зимнее время, затем небольшой, но очень динамически важный антициклон и азорский антициклон.

Я не демонстрирую здесь карты осей, так как считаю, что она всем известна.

В первую очередь было необходимо произвести дальнейшую детализацию осей, и эта работа была сделана мною в прошлом (1932) году. При изучении засух Европейской территории Союза и Казакстана особо важна карта комплекса майских типичных антициклональных осей.

Я подчеркиваю то обстоятельство, что если бы мы взяли все 12 карт по 12 месяпам, то мы бы увидали, что интересующий нас район в мае является районом наибольшего скопления этих траекторий. Стоит только вследствие какой-либо аномалии общей атмосферной циркуляции осуществиться усилению деятельности хотя бы одной из этих нормальных траекторий, и мы получаем ненормально повышенный антициклональный режим воздушных масс этого района, т. е. первый фактор, который вызывает засуху.

Это обстоятельство было проверено прежде всего на кинематических картах восьми катастрофических засух с 1891 по 1931 гг.

На чертежах было дано направление траекторий антициклонов, обусловивших восемь катастрофических засух, а также тех районов, которые были захвачены в эти годы. Это был первый этап работы.

Следующим этапом работы было рассмотрение засухи более краткосрочного порядка. Мною было изучено 85 засушливых процессов, причем я могу считать доказанными следующие положения.

Засушливый процесс является следствием ненормально повышенного антициклогенеза в изучаемом районе.

С точки зрения кинематики эти антициклоны могут быть или арктически-полярного происхождения, главным образом гренландского, или, в некоторых случаях, карского ультра-полярного. Далее мы имеем второй тип засух азорского происхождения, идущий из атлантическо-азорского антициклона.

Этим определяются воздушные массы, обусловливающие засушливый процесс, который может быть и полярного, и арктического, и тропического происхождения.

Я не буду останавливаться на весьма сложном процессе перерождения воздушной массы в процессе ее движения, которое можно охарактеризовать как постепенное перерождение холодной морской массы в горячую континентальную массу.

Термодинамический засушливый процесс представляет собой весьма сложный комплекс, при котором нужно учитывать взаимодействия процессов подстилающей поверхности, как уже говорил Р. Э. Давид в смысле режима запасов влаги в самой почве. Но основную роль играет наличие того атмосферного процесса, кинематику которого я дал; а именно он сводится к тому, что мы имеем в районе, охваченном засушливым процессом, скопление антициклонов или путем стационирования одного какого-либо максимума или путем прохождения ряда последовательных антициклонов. Это является первым необходимым условием наличия засушливого процесса.

Я показал, далее, что геометрическое место линии дивергенции совпадает с тем районом, который охвачен засухой. Таким образом, с точки зрения синоптической и термодинамической кинематика и динамика засушливого процесса для нас ясны.

Конечно, мы можем сказать о том, какие основные процессы, связанные с засушливой деятельностью, вызывают в тот или иной год аномалию деятельности того или иного перманентного антициклона. Это задача следующего этапа работы. Но сейчас самый процесс, как таковой, можно считать в основных чертах изученным.

Я укажу только, что засушливый процесс, связанный, главным образом, с процессом вторичной атмосферной циркуляции, может быть рассматриваем с некоторой новой точки зрения. И настоящее время, благодаря работам школы проф. Б. Мультановского можно считать доказанным, что вторичная атмосферная циркуляция, хотя и состоит из так называемых, апериодических процессов, представляет собой громадной сложности, но строгий часовой механизм; над разъяснением закономерности им управляющей мы и работаем в настоящее время. Как только эта задача будет полностью разрешена, тем самым полностью будет разрешена и задача долгосрочного предсказания погоды. На этом я останавливаться дальше не буду.

После засухи нами был изучен суховей. Был установлен типовой суховейный комплекс. Для этого комплекса были составлены необходимые и достаточно синоптические схемы, при которых суховей должен обязательно осуществляться и которые обязательно имеют место при осуществлении суховея. Эта работа была мною проделана для всех районов Европейской территории Союза.

Вот перед вами схема суховея Нижневолжского края (*показывает схему*).

Итак, если в Нижней Волги осуществляется суховей, то мы можем утверждать, что эта схема распределения синоптической ситуации должна обязательно иметь место.

Замечательно, что при составлении и сравнении таких схем для всех районов Европейской территории Союза оказалось, что число необходимых компонентов циклональных и антициклональных во всех схемах оказывается одним и тем же. И переход от района к району суховея дает только передвижку и изменение конфигурации одних и тех же необходимых компонентов.

Следовательно, кинематическая структура суховея с синоптической точки зрения нам в настоящее время в общем известна.

Рассмотрим эту структуру с точки зрения термодинамической. Что представляет собой суховей и в чем его отличие от засухи?

Для осуществления процесса суховея необходимо вхождение антициклона обязательно полярного или арктического происхождения по какой-угодно траектории и стационирование его в соответствующем районе. Как известно, этот антициклон является носителем полярной или арктической воздушной массы, имеющей размывающую фронтовую поверхность. Наличие полярного или арктического фронта это — второе необходимое условие наличия размывающейся фронтовой поверхности. Вот пример такой поверхности, где мы имеем холодный антициклонный воздух, а снаружи тропический, или полярный, окружающий его.

Далее необходимо, чтобы эта поверхность была по нашей терминологии анафронтом, чтобы воздух снаружи в вертикальном разрезе скользил бы не вверх, а вниз. При восходящем скольжении мы получаем процесс как раз обратный, именно процесс образования интенсивной области осадков; об этом я скажу несколько дальше.

При выполнении этих условий, получается одновременное прогревание воздуха в пограничном районе, в районе размывающейся фронтальной поверхности, т. е. как раз в районе суховея, причем это нагревание идет за счет, во-первых, адиабатического нагревания воздуха путем его нисходящего скольжения по поверхности анафронта, во-вторых, непосредственной инсоляции благодаря преобладанию ясного неба; третий момент—адвекция воздушной массы, т. е. перенос в восточном или юговосточном направлении более нагретых воздушных масс. Эта адвекция, обусловливаемая достаточно большим горизонтальным градиентом, вызывает достаточно сильный ветер со скоростью, примерно, в 10 м/сек., как нижний предел ветра. В нижних, приземных слоях воздуха, конечно, эта скорость, будет значительно меньше: она падает по логарифмическому закону и оценивается порядком от десятков сантиметров до 1 м, в особенности в слое растений. Но это как раз не важно. Важно то, чтобы в свободной атмосфере мы имели бы достаточно большой адвективный поток.

Далее, уже второстепенную роль в данном отношении играет то обстоятельство, что, при наличии такой адвекции мы имеем повышенную турбулентность в нижнем деятельном слое, повышение количества пыли в воздухе, которая увеличивает теплоемкость нижней воздушной массы и, следовательно, ее нагрев путем непосредственной инсоляции еще больше усиливается.

Вот в общих чертах тот термодинамический комплекс, который обусловливает собой суховейный процесс.

Изучив два особо вредных процесса, нам было интересно рассмотреть для нашего района условия образования значительных осадков. В этом отношении мы имеем два основных типа осадков. На осадках фронтальных, связанных с перемещением фронтовых поверхностей, которые в свою очередь, конечно, связаны с движением определенного циклона, я не буду останавливаться, считая этот вопрос общеизвестным. Обращу только внимание на схему, составленную мной и которую до сих пор никто не составлял ни в норвежской школе, ни у нас.

На схеме можно видеть, как связано движение центра циклона с движением и последовательными положениями окклюзии и движение всей связанной с ней области осадков. Эти схемы были нами установлены для основных циклональных траекторий как по интересующему нас району, так и по району европейской территории Союза; так что с кинематической точки зрения этот процесс в настоящее время изучен. Это обстоятельство весьма важно в том смысле, что нам удалось связать норвежские идеи фронтовых осадков с идеями кинематики, развиваемыми школой проф. Мультановского. Если мы теперь имеем долгосрочный прогноз проф. Мультановского, то у нас уже нащупываются пути для возможности предсказания, связанного с ним процесса фронтальных осадков.

Я не буду останавливаться на втором типе — на осадках ливневых; изучение этого типа труднее, так как ливневые осадки связаны с процессами внутривоздушной массы, не имеющими таких простых схем; эти процессы в настоящее время еще недостаточно изучены.

Дальше была проделана следующая работа. Для интересующего нас района было составлено то, что я называю синоптико-климатологическим каталогом. Приняв идею Е. Е. Федорова, мы составили каталог типов погоды, но только исходя из других принципов. Так как наша основная задача была синоптическая, то на нашей карточке с помощью синоптических значков наносились наблюдаемые погодные комплексы, а затем все цифры, касающиеся дополнительных климатологических характеристик, которые синоптики не употребляют, но которые нужны для климатологов, например, отклонения от нормальной температуры, разность между температурой вчерашнего и сегодняшнего дня и т. д. В общем, в составленной карточке имеется весь комплекс всех метеорологических характеристик, которые в данный момент имеются.

Далее, нам было необходимо связать эту карточку с синоптической ситуацией. Поэтому на очень маленькой карточке в 2 см^2 были нанесены те синоптические ситуации, при которых эти комплексы погоды наблюдались. Имея такого рода каталог, мы можем решать все задачи, относящиеся к синоптико-климатологическому анализу типов погоды. Все задачи, которые решаются методом Е. Е. Федорова, конечно, разрешаются этим способом, и, кроме того, разрешается еще целый ряд дополнительных задач.

В виду большой важности вопроса, не имея возможности детально его осветить, я принужден здесь просто отметить, что такая работа производится, а как она производится — об этом придется говорить в другой раз.

На основании этого каталога были установлены основные типы погоды, их комплексная характеристика и типовые или нормальные комплексы для основных точек изучаемого района: Саратова, Астрахани, Оренбурга и Красноводска.

Нужно сказать, что более широкой сети сейчас не удалось охватить, потому что работа по составлению каталога весьма велика, — это дело будущего.

Таким образом, в настоящее время мы можем сказать, что нам известны комплексные типы погоды и синоптические ситуации, при которых эти типы погоды осуществляются, а также известна их статистическая повторяемость. Далее требовалось рассмотреть вопрос с чисто синоптической точки зрения, т. е. посмотреть, каковы типовые синоптические процессы изучаемого нами района. За основу мы взяли идею проф. Б. Мультановского — естественного синоптического сезона, которых в году, как известно, 5. Для каждого естественного синоптического сезона были найдены типовые процессы, один из которых нанесен на карте. В первую очередь рассмотрены устойчивые синоптические процессы и соответственно им устойчивые типы погоды. Мы получили для каждого сезона от 7 до 9 типов, т. е. всего около 40 типов синоптических процессов и соответственное количество погодных типов изучаемого района. Для астраханской весны, примерно, мы имеем очень часто наблюдающиеся такие типы. При этом, если рассматривать с точки зрения устойчивости, то таких типов окажется весьма немного.

Такая же работа проделана для типов со значительными осадками.

Было чрезвычайно интересно наблюдать, насколько влияет Каспийское море на значительные осадки, выпадающие в этом районе, т. е. было интересно ответить — являются ли значительные осадки осадками циклонов Каспийского моря, или они являются осадками, приносимыми из других морей. Оказалось, что основную роль играют осадки, приносимые из морей не Каспийского, а Черного и Балтийского. Осадки же, приносимые циклонами Каспийского моря, как правило, невелики и сравнительно редки.

Итак, мы можем в настоящее время определенно утверждать, что по крайней мере по отношению к осадкам значительным Каспийское море, как внутренний влагоем, роли не играет.

Остается пока открытым вопрос, на котором останавливался Г. К. Ризенкампф в своем докладе: куда поступает влага с зеркала Каспийского моря, которая испаряется в большом количестве? Мы можем пока только утверждать, что эта влага не приносится в виде больших осадков, связанных с циклонами этого моря. Это вполне доказанный тезис. Даже те небольшие осадки, которые приносятся этими циклонами, направляются на восток, северо-восток и даже юго-восток. Отсюда можно сделать вывод о том, что вероятен перенос

испарений, влаги в виде водяных паров, не в сторону северо-запада, не в том направлении, в каком он важен, а в другом направлении. Вопрос этот пока остается открытым.

В настоящее время мы можем пользоваться картами северного полушария, составляемыми в Центральном бюро погоды ежедневно. Сейчас мы проводим анализ синоптических процессов в их связи с общей атмосферной циркуляцией. Частное рассмотрение вопроса только в одном маленьком районе, вне связи с процессами всего северного полушария, является неверным.

Нам необходимо иметь данные аэрологических станций. Кроме того, необходимо детализирование и окончательная проверка тех основных положений, которые нами получены и которые были мною вкратце перечислены. В настоящее время мы будем изучать этот процесс только комплексным синоптико-климатологическим методом. Идя оторванным путем только синоптическим или только климатологическим, мы не сумеем разрешить проблемы.

В заключение я хотел бы, в качестве основного пожелания, указать на необходимость того, чтобы эти начатые работы были поддержаны важнейшими научно-исследовательскими институтами по тем методологическим линиям, которые в настоящее время можно считать правильными.

Председатель. Слово предоставляется А. В. Вознесенскому для доклада на тему «Недостаток насыщения воздуха влажностью на побережьях Каспийского моря».

А. В. ВОЗНЕСЕНСКИЙ

НЕДОСТАТОК НАСЫЩЕНИЯ ВОЗДУХА ВЛАЖНОСТЬЮ НА ПОБЕРЕЖЬЯХ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Резюме

Представляемые вашему вниманию результаты работы выполнены под руководством докладчика в стенах Гидрологического института, причем наибольшее участие в этих работах принимала Е. М. Соколова.

Гидрологи интересуются вопросами испарения и влажности. К сожалению первый вопрос освещен крайне недостаточно и нам приходится прибегнуть к изучению влажности воздуха. Наиболее четко последний представляется по распределению ендостатка насыщения влагой или дефицита насыщения.

В годовых средних, наибольшие величины недостатка насыщения до 12.6 мм наблюдаются в Средней Азии и распространяются в окрестностях Каспия, огибая его северную часть, далее в степной зоне Евразии далеко на запад по побережью Черного моря. К северу степной зоны эти данные убывают. Та же картина в еще более подчеркнутом виде рисуется нам и линиями недостатка насыщения, полученными для летних месяцев — июля и августа. Наибольшие величины в Средней Азии за это время доходят до 25 и до 12 мм в низовьях

Волги. Таким образом не только во время зимнего азиатского барометрического максимума иссушающее соседство азиатских пустынь прослеживается на севере Каспия, но он еще в большей степени наблюдается в наших степях и летом. Интересно уяснить причины этих летних иссушающих условий. Годовой ход осадков нашей страны и более южных пограничных указывает нам, что весь северо-запад и вообще большая часть Евразии получают большинство осадков летом, и только по северным побережьям обоих южных морей и затем далее на юг за пределы Каспия количество осадков летом усиленно падает. Для уяснения причин этого явления необходимо проследить главенствующие воздушные течения в окрестностях Каспия и Черного моря. Для этой цели у нас имеются материалы, разработанные для нашей территории проф. А. А. Каминским, а для южной части Черного моря и далее для Анатолии германскими учеными в военное время. Эти материалы весьма разнородны. Для нашей территории они весьма подробно дают данные для учета одних направлений ветра, притом только по наблюдениям у поверхности земли, тогда как германские данные по наблюдениям свыше 8000 пилотных наблюдений за два с половиной года дают не только направление и скорость воздушных течений у поверхности, но и на высотах до 3—4 тыс. м. Общим рассмотрением обеих серий можно установить следующее. Зимняя тяга, совпадающая с «языком» пустынь в окрестностях Каспия, обусловливается влиянием мощного евразиатского антициклона. Вдоль степной полосы она и вызывает на нашем юге преобладание сухих и холодных ветров, а следовательно и большой недостаток влаги. Рассмотрение летних условий наоборот указывает, что, по данным Каминского, у нас наиболее устойчивы северо-северозападные ветры, в окрестностях Каспия постепенно принимающие направление более с севера и составляющие по германским данным только часть более сильных общих северо-северозападных течений, регулируемых наличием в это время года более активного азорского барического центра. Течения эти по германским данным охватывают толщу до 4000 м по крайней мере и определяются также резко выраженным влиянием барометрического минимума в окрестностях Персидского залива. Таким образом, выясняется в результате рассмотрения основных данных о циркуляции атмосферы факт бедности влагой нашего юга и особенно окрестностей Каспия. Возможное испарение с его поверхности увлекается на юг, где осадки Талыша и персидского берега действительно оказываются много более увеличенными, чем на других берегах Каспия. Тем же объясняется и значительное превышение осадков в южной части Черного моря сравнительно с бедным ими Крымом. Докладчик находит, что его выводы совпадают с выводами М. А. Лорис-Меликова, идущего совершенно другим путем, о преимущественном значении северных и западных влияний в создании летних засух Нижнего Поволжья.

Пожелания докладчика сводятся к необходимости организации у нас широких аэрологических и особенно пилотных исследований в засушливой полосе и о публикации их с увязкою данных направления ветра и его скоростей для определения переноса воздушных масс.

Настоятельно необходимо организовать систематические и широкие наблюдения на засушливом юге нашем над испарением с поверхности также суши, как и с водной поверхности.

Председатель. Слово для краткого сообщения на тему «Пути к разрешению вопроса об изменениях климата Поволжья и режима Каспия при осуществлении изменения режима Волги и Дона» предоставляется проф. Вейнбергу.

Б. П. ВЕЙНБЕРГ

ПУТИ К РАЗРЕШЕНИЮ ВОПРОСА ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА ПОВОЛЖЬЯ И РЕЖИМА КАСПИЯ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМА ВОЛГИ И ДОНА

Одним из самых существенных вопросов для той проблемы, которой мы здесь занимались, является волжская проблема, вопрос о судьбах Каспия после тех изменений, которые эта проблема внесет. Мне кажется, что этот вопрос может быть разрешен только тогда, когда у нас будет твердая основа для суждения о влагообороте. Этой твердой основы у нас в данный момент нет. У нас есть лишь ряд разрозненных попыток; мне думается, что необходимо этим попыткам подвести некоторый итог.

Позвольте привести те попытки, которые мне известны. Возьмем для примера работу Касаткина о влагооборотных зонах. Эта работа обследована бригадой и подвергнута критике. Оказалось, что ни зон, ни влагооборота нет.

Очень интересна следующая попытка А. А. Каминского, который представляет карты влажности, не дефицитов влажности, а суммы влажностей во всей толще атмосферы и на основе их хочет судить о переносе влаги. Методологический недостаток попытки заключается в том, что А. А. Каминский должен был пользоваться формулой Ганна, которая одинакова для всех синоптических ситуаций. В настоящее время в Институте климатологии ведется работа, как эту формулу Ганна изменить для различных синоптических ситуаций.

С другой стороны, в Институте теоретической метеорологии намечена работа по выяснению возможного влияния градиента влажности на перенос влаги, принимая во внимание турбулентность. Мне лично представляется, что результат этой работы будет нулевой, но предрешать событий я не намерен.

Затем мы видим здесь две карты дефицита влажности, на основании которых были сделаны попытки вывести то или иное заключение.

И, наконец, попытка М. А. Лорис-Меликова, доклад которого мы также сегодня слышали, привлекающего синоптический метод к разрешению этого вопроса.

Все эти попытки упираются в отсутствие, или крайнюю недостаточность наблюдательного материала.

Мне кажется, что мы могли бы уже сейчас наметить некоторые организационные выводы из этих докладов. Укажу только те пути,

которыми следует пойти. Что касается работы Касаткина, то бригада выразила некоторое пожелание продолжать эту работу, но, вообще говоря, к методу Касаткина бригада отнеслась довольно отрицательно, имея в виду, что этот метод не может дать указания на направление переноса влаги. Работа А. А. Каминского представляет большой интерес, но она является как бы разветвлением работы М. А. Лорис-Меликова; значение этой работы будет увеличено, если к ее результатам приложить анализ синоптической ситуации, как это М. А. Лорис-Меликов применяет для изучения исключительных случаев — суховея и больших осадков. Нужно распространить это и на нормальные явления для решения вопроса о переносе влаги вообще, без чего мы не можем к Каспийской проблеме отнестись положительно или отрицательно. Следовательно, я считал бы, что прежде всего необходимы теоретические исследования указанного мною типа, именно о возможности переноса влаги, вызываемой тем или иным физическим фактором, например градиентом влажности. Затем необходимо работу А. А. Каминского связать с синоптическими ситуациями.

Напомню, что Германия на одном Анатолийском фронте могла выпустить 8 тыс. шаров-пилотов. Каспий заслуживает, может быть, 80 тыс. шаров-пилотов, тем более, что шары-пилоты можно пускать также с судов. Такая воздушная рекогносцировка нужна для скорейшего ответа на вопрос о переносе влаги. Необходимо уже сейчас приступить к некоторым практическим мероприятиям. Вопрос должен быть разрешен максимум через 30 месяцев, а, может быть, и недель, а не чрез 30 лет, как принято было в классической климатологии.

Затем позвольте указать одно существенное мероприятие — опытные исследования переноса влаги. Мы слышали из первого доклада об исследованиях в области влияния ветра на существование влаги. Вчера проф. Г. К. Ризенкампф показал рисунок,[1] иллюстрирующий как нужно поставить опыты над искусственным увлажнением атмосферы, а не почвы: нужно увлажнить атмосферу и потом посмотреть, как эта влага переносится. Так как древесные насаждения трудно быстро осуществить, то можно устроить просто квадратную систему заборов и посмотреть, как будет выноситься влага. По принципу аналогии мы можем рассчитать, что произойдет, если вместо заборов в 4 м будут деревья высотою в 10 м.

В заключение, мне кажется, мы должны высказать ряд пожеланий насчет практических мероприятий, которые необходимы для ответа с полной сознательностью на весьма существенный вопрос, поставленный проблемой Каспия перед геофизикой.

ПРЕНИЯ

Председатель. Сейчас мы откроем прения и если у оппонентов имеются какие-нибудь маленькие неясности, на которые можно просто ответить — да или нет в порядке живого обмена мнений.

[1] Рисунок соответствует предложению, опубликованному мною несколько лет назад в газете «Социалистическое земледелие».

Если же понадобятся более пространные ответы, то мы докладчикам предоставляем заключительное слово. Это будет удобнее всего.

В результате заслушанных докладов у нас возникают некоторые вопросы. Было бы целесообразно до начала прений, попытаться эти вопросы сформулировать. Они частично будут представлять собой итоги того, что доложено.

После окончания обсуждений и ответов докладчиков, мне кажется, нам придется для формулирования решений организовать небольшую группу для проработки предложений по сумме докладов. Затем мы к этому вопросу вернемся и проработанные таким образом решения обсудим и одобрим, чтобы дальше уже выступить с готовыми предложениями.

Позвольте сформулировать те вопросы, которые предварительно были подготовлены по нашей просьбе группой товарищей и потом частично были сформулированы докладчиками в самих докладах. В основном — это вопросы синоптического процесса. Докладчиком М. А. Лорис-Меликовым особенно была подчеркнута необходимость брать эти процессы в целом, в широкой связи с северным полушарием, не замыкаясь в узкие рамки районных рассмотрений.

Далее, некоторые подробности методологического порядка о применении комплесного синоптико-метеорологического метода с учетом синоптической и метеорологической методологии. Все это мы, может быть, также отразим в дальнейших прениях по этому вопросу и в известном отношении к этому в наших решениях.

Затем, как уже вытекающий из всего этого вопрос о типологической работе в области вопросов метеорологии и установления типов погоды. Это вопросы установления основных типов на изучение предыдущими методами.

Здесь уже было указание на затруднения в подобного рода работе вследствие отсутствия аэрологических наблюдений, зондировки тропосферы и т. д., вот те моменты, которые требуются как исходный материал для такого рода работ. В частности, здесь было указание на наблюдения над ветром с точки зрения его направления и скорости. Повидимому, здесь имеется в виду, хотя это не было сказано, также и влажность воздуха. Поскольку интересным является вопрос переноса влаги в основном, то здесь, повидимому, так и следует поставить вопрос. Опыты полета в стратосферу показали, что это дело не безнадежно, и наблюдения, которые были сделаны, дают для этого некоторый материал.

Затем здесь было указание на необходимость выяснения связи динамического и термодинамического процесса с ландшафтом. Сюда я бы отнес и те вопросы, которые были поставлены отдельно, именно влияние орошения. Оно представляет собой уже искусственный ландшафт с подстилающей поверхностью. Сюда войдет не только поверхность как таковая, но и элементы орографии и растительный покров, поэтому мы все-таки объединяем это в ландшафт. Здесь включаются моменты орошения, лесные насаждения, болота, песчано-пустынные

пространства, все разные ландшафты как естественные, так и искусственно создаваемые.

Как следствие этого раздела мы ставим вопрос относительно испарения как с поверхности воды, так и с суши, в естественных условиях. Представляется существенным также известный экскурс и в сторону искусственных условий, т. е. испарения в пустынных условиях, в оазисе орошенном. Это вопрос и практически очень важен; разрешив его, мы получим ответ на вопрос о микроклимате этих орошенных районов, окруженных пустынными пространствами.

При обсуждении вопроса о типах погоды, в частности, особенное внимание должно быть сосредоточено на случаях вредных явлений, таких как засуха, суховей и затем, повидимому, сюда же придется отнести и благоприятные явления, как выпадение осадков.

Для нас еще неясно, следует ли особо выдвигать вопрос относительно движения и баланса влаги или при более систематическом изложении всех этих вопросов он попадет как подразделение в какую-нибудь другую группу. Вопрос трактуется здесь самостоятельно, но ясно, что он представляет собою следствие этих общих динамических и термо-динамических процессов, о которых шла речь.

Затем вопросы, связанные с типами погоды, тоже имеют интерес.

Отдельно был выдвинут вопрос, который, повидимому, также должен будет оставаться как самостоятельный; это — связь с моментами актинометрии и деятельностью солнца. Особого освещения этот вопрос у нас в докладах не получил.

А. А. Каминский. Я совершенно согласен с замечанием Б. П. Вейнберга о том, что мою работу следует связать с работой синоптиков. Должен сказать, что я подходил к своей работе, предполагая, что здесь будет разделение труда. Свою работу я начинаю с того момента, когда уже некоторые синоптические условия имеются налицо, именно: те условия, с которыми приходится считаться при изучении данного явления, например, засуха или перенос водяного пара и т. д. При этом я предполагал, что именно синоптики, имеющие в своем распоряжении огромный материал и опыт, займутся другой частью этого вопроса — той подготовкой процесса, которая нас интересует. М. А. Лорис-Меликов так и развивал свою тему: он разобрал именно происхождение тех синоптических ситуаций, которые вызывают засуху. Я думаю, что тут синоптикам и книги в руки. Я в своих работах могу только увязываться с ними и буду данный процесс изучать, насколько возможно, с метеорологической точки зрения, с момента его начала.

Что касается замечания А. В. Вознесенского о том, что распределение недостатка насыщения дает хорошую картину, указывающую, когда условия для засух наиболее благоприятны, то я могу только прибавить, что мною много лет тому назад строились карты распределения средней абсолютной и средней относительной влажности. Эти карты дают не менее яркую картину чем та, какую может дать недостаток насыщения. Там получаются некоторые детали в распределении

абсолютной влажности за летнее время, которые подчеркивают связь между абсолютной влажностью и суховеями. На картах средней абсолютной влажности летних месяцев, где чаще всего бывают суховеи, имеется минимум в распределении этого элемента. Карты распределения среднего недостатка насыщения не дают ничего нового, тем более, что он вычисляется по тем же наблюдениям в будке, как и влажность воздуха, для температуры воздуха, а не воды, как бы следовало.

Недостаток насыщения не дает правильного представления об испарении в естественних условиях. Там, где меньше всего испаряется, там недостаток насыщения самый большой.

Относительная влажность дает возможность судить о гигроскопическом состоянии почвы. Мы знаем, что относительная влажность влияет на содержание гигроскопической воды в почве и поэтому данными об относительной влажности не следует пренебрегать, когда мы хотим получить характеристику условий не только в воздухе, но и в почве. Б. П. Вейнберг считает, что мои карты распределения абсолютной влажности не дают представления о содержании водяного пара на больших высотах. Не нужно забывать, что содержание водяного пара на больших высотах весьма незначительно и возможные погрешности в определении сколько-нибудь существенной роли при вычислении содержания водяного пара во всей атмосфере над данным местом почти никакой роли не играют.

Нам приходится иметь дело с нижним слоем воздуха, где водяного пара сравнительно много. Оказывается, что там, где на моих картах указаны области повышенной абсолютной влажности при вычислении содержания водяного пара — в тропосфере может получиться ошибка, соответствующая ошибке в определении абсолютной влажности поверхности земли не свыше 2 мм. В случае масс с малым содержанием водяного пара ошибка будет еще меньше.

Таким образом, характер распределения областей высокого и малого содержания водяного пара не искажается тем, что вследствие неправильности в определении изменения абсолютной влажности с высотой получится некоторая погрешность. Эта погрешность не велика.

По поводу доклада С. Л. Бастамова мне хотелось бы указать, что было чрезвычайно важным поставить такие микроклиматические исследования, которые позволили бы нам судить о влиянии микрорельефа на осадки. Что такое влияние существует — это известно, но для того, чтобы пределы этого влияния и характер его достаточно хорошо изучить, нужно было бы иметь специальные группы станций в различных условиях. Такая опытная сеть дождемерных станций намечалась Главной геофизической обсерваторией, но не осуществилась.

В отношении испарения важно подчеркнуть то, что наши исследования, касающиеся испарения, относятся, главным образом, к открытой водной поверхности, но они не отличаются достаточной точностью, что же касается суши, то дело гораздо хуже. Сегодня

приходилось слышать сопоставления с показаниями эвапорометра Вильда, но этот прибор не дает представления об испарении в естественных условиях. Все то, что делалось, давало мало результатов. За границей были попытки ближе подойти к этой задаче и получить данные об испарении в естественных условиях, но они оказались очень робкими. Поэтому нам необходимо подчеркнуть эту задачу и настаивать на том, чтобы опыты были поставлены гораздо шире. С. Л. Бастамов указывал, что ведутся лабораторные опыты. Это хорошо, их следует приветствовать, но необходимо иметь и в природе наблюдения хотя бы по методу Шмидта, при помощи аэрологичных наблюдений. Пробовали также организовать испарительные станции на небольших речных бассейнах, но таких станций пока весьма мало.

Все это требует еще более широкой постановки и дальнейшей разработки. На эту сторону вопроса следует обратить внимание.

Аполлов. Сегодняшнее заседание, в сущности, было посвящено вопросам гидрометеорологии. Вопросы эти естественно имеют весьма большое значение, поскольку мы здесь среди группы гидрометеорологических вопросов особое внимание уделяем вопросам уточненного баланса влаги в том или ином виде на определенной небольшой территории и на территории большого масштаба.

При этом следует уточнить два момента: первый момент — гидрометеорология существующая и второй — гидрометеорология будущего в районах реконструкции. К гидрометеорологии будущего мы еще как-будто совсем не подошли и пока занимаемся констатированием гидрометеорологии существующей.

Конечно, самое основное, чем мы здесь должны заниматься, это — влажность воздуха и осадки. Каково же содержание наших докладов? Некоторые новые веяния как-будто вводятся в методику определения существующих осадков. С. Л. Бастамов пытался установить связь для бассейна Волги осадков с высотой. Эта связь нужна для уточненного разрешения балансовых вопросов. Американец Адольф Мейер уже давно строит связи осадков с высотой сравнительно равнинных районов. Здесь надо принять во внимание следующее обстоятельство: нельзя эти связи делать механически для больших районов. Если бы такая механическая связь была бы сделана для всего Волжского бассейна, или бассейна Каспия, то мы бы не получили ясной связи. Когда же нам пришлось использовать данные Государственного Гидрологического института по районированию бассейна Волги, то мы и получили прекрасную связь осадков с высотой. Но если этих районирований не делать, тогда мы не получим такой связи. Метод Мейера применен на Кавказе для подсчета осадков.

Что касается весьма важного вопроса, которого касались почти все докладчики — вопроса о переносе влаги с Каспия, то я должен сказать, что направление этого переноса выявилось достаточно ясно, как направление восточное.

Примерно 9 месяцев назад мне пришлось делать доклад в Гидрометкомитета СССР, где удалось демонстрировать проработанные нами распределения скоростей и направлений ветра по вертикали, причем

все движение воздуха — влаги идет здесь на восток. Мы имеем в районе Каспия движение на 1—2—4 км и выше на восток, и расход воздуха идет в эту же сторону. Сейчас мы делаем попытки связать этот расход воздуха с влажностью: мы берем формулу Ганна и проверяем ее применимость по ряду наблюдений для районов Каспийского моря. Мне кажется, что общее движение будет направляться несколько на юго-восток, и эта влага Каспия концентрируется где то на Гималаях.

Перейду теперь к вопросу об испарениях. Этот вопрос требует уточнения. Рассматривая работы, связанные с испарениями, мы замечаем следующее: отдельные лица берут для Вильда от коэффициента меньше единицы до увеличения его в полтора раза и подсчитывают затем испарение истинное. Докладчикам хорошо знакомы эти приемы и они знают, как произвольно пользуются этими коэффициентами. Как же надо подходить к вопросам испарения Каспия, например, с водной поверхности? Мы можем разрешить их, если используем Карабугаз, который имеет исключительно благоприятные условия для учета притока и выпадающего количества осадков. Так как разность концентрации не так существенна, то наблюдения в этом отношении хорошо поставлены. Они этот вопрос разрешили.

Наблюдения в Карабугазе над стоком и осадками ведутся и сейчас, но с нашей точки зрения они недостаточны, и методика их обработки неправильна.

Однако, самое существенное, что не нашло отражения в заслушанных нами докладах — это изучение действия солнца. Работая недавно в Центральном бюро погоды я получил сведения, что в Туркестане пытаются в этой области делать прогнозы и как-будто удачно. В Туркестане изучают процессы, происходящие на поверхности солнца и связывают их с грядущей погодой. Мне кажется, что с деятельностью солнца будет связано действие возбуждающих центров, направление их движения и результаты, вызываемые этими центрами.

Далее мне хочется обратить внимание нашей секции на один вопрос, который обычно совершенно не ставится: мы всегда говорим об испарении, понимая под ним общее количество воды, испарившееся из какой-нибудь чашки, но при этом не учитывается, что здесь имеет место и конденсация. Поэтому все графики А. Мейера имеют две ветви, связанные с наличием конденсации. Этот вопрос на Каспии чрезвычайно важен; всякий, кто работал там, знает, что с крыши небольшого дома в Чикишляре наблюдатель собирает за одну ночь ведро пресной воды. Вопросы конденсации важны еще и потому, что конденсация дает пресную воду. Известно, что на Каспии существуют острова, на которых имеются колодцы, в которых сначала идет пресная вода, а дальше — соленая. Это — вопрос конденсации.

Затем не затронуты вопросы осадков, выпадающих на поверхность Каспия. Однако, небольшое количество наблюдений, которые были произведены в районе Каспия, показывает, что на море примерно на 14—15% меньше осадков: если, например, взять рейд, то на нем осадков меньше, чем по берегам, на острове Живом осадков меньше, чем в Баку и т. д.

Рассматривая карты, на которых приводятся изогиеты по Каспию, мы убеждаемся, что они необоснованы. Например, плавающие в районе Ленкорани говорят, что там на море в малом удалении от берега осадков нет. Следовательно, осадки местного характера.

Если связать осадки в Махач-Кала, Ленкорани и в Дербенте с рельефом, то мы увидим, что чем круче изменяется рельеф, тем больше осадков. Но этот вопрос опять недостаточно изучен и требует, как и предыдущие, выяснения.

А. В. Вознесенский. Здесь много говорилось об изменении осадков с высотой и о необходимости учитывать эти изменения. За границей существуют карты, рисующие, может быть, не часто и совершенно неправильно, распределение осадков с высотою. Это очень трудно при существующем небольшом относительно числе станций. Как только мы начинаем учитывать увеличение количества станций, мы получаем целый ряд сюрпризов. Мне думается, что местные условия оказывают большое влияние на распределение количества осадков.

Но, с другой стороны, видеть какую-то закономерность в увеличении количества осадков с высотою, общую повсеместно, как это делает С. Л. Бастамов, я считаю совершенно неправильным. Например, в картах С. Л. Бастамова, я усматриваю, что даже в тех районах, в которых нет ни одной станции, все-таки сделаны изменения на 1.3—1.4° по температуре и по осадкам. Мне кажется, такие графические обработки имеющихся данных указывают лишь на недостаточность наших сведений.

Разумеется, осадки увеличиваются с высотой, в зависимости от восходящих масс воздуха. Следовательно, здесь разница получится очень большая в зависимости от того, на каком склоне мы в данный момент находимся. Приведу пример с осадками восточного и западного склона Урала. Это две совершенно различные величины, и само собой разумеется, если взять изменения величины осадков только по ступеням высоты, не принимая во внимание всех особенностей ландшафта и, кроме того, тех или других воздушных течений, то результаты будут абсурдные.

По поводу замечания А. И. Михалевского отмечу, что я также ясно представляю себе, что в Ленкорани на берегу наблюдается только местное увеличение количества осадков, целиком зависящее от рельефа. При небольшом уже удалении от берегов Талыша вы имеете переход от осадков в 1500 мм к 200 мм или 150 мм в Баку. Совершенно согласен с указанием А. И. Михалевского о вероятном заносе на юго-запад Каспия осадков с его севера, но не совсем согласен в отношении оценки Карабугаза как особенно удобного пункта для учета испарения. Мое впечатление, что Карабугаз по своим особенностям ветров и течений не может дать типичных данных для всего Каспия; поэтому я считаю, что все выводы, которые мы в данный момент имеем о количестве испарения на Каспии, основывающиеся на карабугазских наблюдениях, требуют больших коррективов. Как на севере Каспия, так и на юге его должны быть совершенно другие величины

испарения, также как различны количества осадков на бакинском берегу или в окрестностях Карабугаза или Ленкорани. Твердых норм пока нельзя еще установить.

С другой стороны, думаю, что неправ В. Г. Глушков, который вместе с А. А. Каминским, как кажется, настаивал на первоочередности аэрологических наблюдений перед пилотными. Пилотные наблюдения гораздо проще и при сходности и дороговизне первых они дадут нам больше, чем аэрологические в короткий срок, тогда как редкие аэрологические наблюдения над влажностью дадут то же, что получил А. А. Каминский в его картах. Время не ждет, и мое впечатление, что наблюдения над влажностью и исчерпывающие наблюдения над атмосферными явлениями на высотах мы еще не скоро получим.

Как мне кажется, первоочередная наша задача заключается в надлежащей организации пилотных наблюдений, что дает нам действительную возможность суждения о ветрах и воздушных течениях. Следует, конечно, заботиться и об организации остальных наблюдений, но в виду их относительно дорогой стоимости нельзя считать их первоочередными и способными в ближайшем будущем дать нам конечные результаты. Таким образом, я полагаю, что наблюдения над влажностью и наблюдения над испарением суть наблюдения совершенно различного порядка. Наблюдения над влажностью производятся существующими станциями; они должны делаться и впредь. Организацию наблюдений над испарением и, наконец, большее расширение наблюдения над осадками — я, конечно, могу только приветствовать.

Наблюдения над осадками, мне кажется, следовало бы значительно расширить, потому что каждый новый шаг, каждая новая станция, в особенности в горных местностях, приводят нас к совершенно новым результатам. До последнего времени мы представляли себе дело таким образом: максимум осадков имеем на Кавказе, именно от 2000 до 3000 мм в Батуме, дальше в Ленкорани около 1200 мм. В дальнейшем на Востоке, оказывается, осадки уменьшаются до такой степени, что о них, пожалуй, и говорить не стоит, (например в Сибири — каких-нибудь 300—400—600 мм в максимуме). В последнее время мы обнаружили, что осадки выше 1500 мм до 2000 мм отмечаются на Алтае; такие же точно осадки до 2000 мм имеются на Саянах. Итак мы можем считать твердо установленным, что и на Алтае на расстоянии 4—5 тыс. км от тех морей, которые как-будто дают нам всю сумму осадков, мы имеем осадки, превосходящие те, которые имеются на морских берегах. Это обстоятельство указывает на то, что еще мы очень мало знаем об основном распределении осадков в большей части нашего Союза.

Мне кажется, что указание С. Л. Бастамова о том, что даже небольшие разницы в рельефе сильно сказываются на количестве осадков, несомненно правильно, но обобщать это по отдельным высотным зонам, независимо от склона и всех прочих условий, в особенности от направления переноса влаги, думается, не следует. В этом отношении мы имели очень ясный пример, при неудаче нашего прогноза осадков для Магнитогорска. Магнитогорск оказался без осадков.

Мы не предусмотрели того факта, что на западном и восточном склонах Урала осадки выпадают различные: теперь ни один серьезный метеоролог уже не будет говорить о том, что только высота, а не что-нибудь другое, характеризует увеличение осадков. Осадки меняются с высотой, но, конечно, они находятся в еще большей зависимости от тех воздушных течений, которые мы имеем в данной местности.

В заключение укажу еще на то, что методы исследования, которые применил С. Л. Бастамов, интересны только в том отношении, что они указывают нам ошибки наблюдений, которые до сих пор имели место в наших изотермах и изогиетах, в зависимости от того, как освещена та или иная местность. Но во всяком случае этот метод можно допускать лишь в условиях большой равнины, допускающей интерполяцию в любом направлении.

И. К. Тихомиров. Разрешите вкратце остановиться на вопросе о важнейших наших нуждах по изучению испарений. Что касается величины испарения с водной поверхности Каспия, то, хотя остается порядочное количество нерешенных вопросов, вопросов очень интересных, все же мы среднюю величину испарения Каспия знаем уже достаточно точно. Намеченная Воейковым 50 лет тому назад величина испарения в 1 м сколько-нибудь существенным изменениям не подверглась. Последние данные показывают 1099 мм. Но мы не знаем величины испарения водохранилищ в Заволжьи. Наблюдений над испарениями водной поверхности не было. Поэтому для всякого рода инженерных расчетов приходилось пользоваться формулами, чаще всего применявшимися, в частности, формулой А. Майера. Но применимость этой формулы у нас решена только косвенно. Последнее американское исследование, результаты которого устанавливают, что расчеты величины испарения, произведенные по формуле, дают величину испарения сильно преувеличенную. Американцы вводят коэффициент от 0.7 до 0.9. Это — последнее, что мы имеем. Таким образом, мы волей-неволей должны следовать этим указаниям. Следует, однако, отметить, что американцами допущены методические ошибки, и поэтому их изыскания нельзя считать окончательными. Единственным средством для разрешения вопроса, явилась бы организация станции, снабженной большим резервуаром, какие американцы в некоторых местах устраивали. Этот резервуар должен будет устранять ошибку, которая до сих пор была. С помощью его можно будет вывести формулу, вполне пригодную для наших условий и проверить имеющиеся до сих пор формулы, а также проверить принципиальное утверждение, что расчеты испарения по этим методам дают положительные результаты. До тех пор, пока такой опытной испарительной станции не будет, все наши цифры будут носить грубо ориентировочный не точный характер.

А. И. Михалевский. Я сделаю несколько замечаний по поводу затронутых в докладах вопросов по вопросу переноса влаги с запада на восток вдоль южного побережья Черного моря и через Малую Азию, о котором доложил А. В. Вознесенский на основании немецких шаропилотных данных; замечу, что во время европейской войны мы их

старались перехватывать по радио и использовать в интересах обслуживания погодой кавказского фронта.

По всем данным массы воздуха при общем токе атмосферы с запада на восток переносятся в этом же направлении. Каспийское море является как бы воротами между двумя хребтами гор, через которые эти массы прорываются на юг. Западные и южные берега Каспия дугообразно охвачены цепями гор, которые являются значительной преградой для свободного продвижения масс воздуха.

Вся влага, захваченная с Атлантического океана, в значительной своей части оседает западнее приволжских степей. Над прикаспийскими степями воздух проносится бедный влагой, или просто нет условий, благоприятных для конденсации влаги. Массы воздуха, если и несут влагу, то сбрасывают ее где-то дальше. Вся интересующая нас область остается без достаточного количества влаги, засушливой.

Общий перенос воздуха с северо-запада на юго-восток подтверждается данными шаро-пилотных наблюдений на Каспийском море; здесь имеется около 7 станций, на высоте 2—3 км шары-пилоты всегда уходят на восток.

Что же касается влаги, забранной с Каспийского моря, то она в значительной части оседает на береговых склонах гор Дагестана, Талыша и Персидского побережья на юге, давая здесь обильные осадки. Та же часть влаги, которая выносится в восточном направлении, или попадает в более высокие слои воздуха, уходит вне пределов Каспия и оседает в горах Центральной Азии.

По вопросу градиента при построении карты изогиет для подсчета осадков на зеркало моря, могу сделать следующее замечание. В местах сгущения изогиет (предгорный район) мы располагаем станциями, лежащими на берегу у самых гор и вдали от берега на островах, как, например: Ленкорань и о. Сара; Баку, Апшерон, о. Свиной и о. Жилой; Бендер-Гязь и пловучий маяк Ашур-Аде; Махач-Кала и о. Чечень. Резкое падение количества осадков на островных станциях по сравнению с береговыми говорит за то, что обильные осадки локализируются в сравнительно узкой прибрежной полосе моря, почему изогиеты здесь сгущены. Это подтверждается и непосредственными наблюдениями во время плавания вдоль южных и югозападных берегов моря. Нередко приходится наблюдать, как склоны гор и сравнительно неширокая прибрежная полоса моря обильно орошаются осадками, в то время как в 5—7 милях от берега осадков нет, светит солнце.

Далее, хотелось бы обратить внимание на следующее обстоятельство. На восточном берегу, там где имеются песчаные дюны или косы, несмотря на сплошную пустыню и отсутствие растительности, у самого берега можно легко получить довольно пресную воду: стоит только отступить несколько шагов от уреза воды и вырыть в песке неглубокую яму, как через полчаса вы получите достаточно вкусную пресную воду в количестве одного-двух ведер. С течением времени в колодце вода начинает портиться, приходится рыть новый колодец. Каким путем опресняется вода в неглубоком слое — пока вопрос остается открытым, необходимо его подвергнуть изучению.

Р. Э. Давид. Мне бы хотелось остановиться на одном небольшом вопросе частного характера. Доклад М. А. Лорис-Меликова я уже слышу второй раз. Впервые я слышал его в 1932 г., т. е. год тому назад. В настоящее время, у меня возникает недоумение о том, что внесено нового М. А. Лорис-Меликовым в его трактовку в связи с специальными вопросами Гидроэлектропроекта. Этого нового в сегодняшнем докладе мне усмотреть не удалось.

У нас с М. А. Лорис-Меликовым по одному важному вопросу существуют коренные расхождения. Он считает, что рассмотрение, засухи с точки зрения какой-либо ограниченной области, например Нижнего Поволжья, принципиально не верно. Засуху можно изучать только как динамический процесс в рамках целого полушария.

Мое определение засухи как несоответствия между испарением и между осадками — является чисто сельско-хозяйственным, или, в лучшем случае, гидрологическим определением. Полагаю, что судить о засухе нужно прежде всего по растениям, по ведущим культурам района ирригации. Но это отнюдь не мешает подвести под нее понятие динамического процесса (или процессов) в таком же порядке, как это делается М. А. Лорис-Меликовым, принимая во внимание распределение областей высокого и низкого давления в мировом масштабе. Ведь синоптические карты даже полушарий, в частности карты Hoffmeyer'a, доступны не только центру, но и периферии, в частности полный набор их имеется в Саратове.

Я исхожу от факта засухи к изучению вызывающего их процесса, М. А. Лорис-Меликов держится схемы и в общем игнорирует факты, считая их уже a priori раз на всегда установленными. Это я оспариваю.

Остановимся на процессах засухи, как они представлены М. А. Лорис-Меликовым. В представленных им на сессии тезисах он пишет (тезис 2): «Засуха представляет собою весьма сложный комплекс явлений, в котором одну из основных ролей играет ненормально-повышенный тепловой баланс в районе, охваченном засухой. Этот повышенный тепловой баланс обуславливается ненормальным развитием антициклонального погодного режима, могущего быть обусловленным или продолжительным стационированием некоторого центрального антициклона в данном районе, или же непрерывным прохождением ряда последовательных миграторных антициклонов над районом, охваченным засухой».

Что же тут нового? Ведь факты эти общеизвестны. Где же тут исследование самого М. А. Лорис-Меликова? Что действительно необходимо исходить из сельско-хозяйственных данных при изучении засухи — мне представляется совершенно несомненным. Так, мне пришлось уже в прошлом выступлении М. А. Лорис-Меликова указывать на целый ряд случаев, совершенно ошибочных, взятых им в 1931 г. (вообще засушливом), в то время как именно взятый им период не был засушливым. Таких ошибок может быть и впредь сколько угодно.

Остановлюсь далее на процессе засухи в представлении М. А. Лорис-Меликова. В своих тезисах он пишет (тезис 3): «Структура атмосферных процессов, обусловливающих засуху, чрезвычайно сложна.

Автором установлено 26 различных кинематических типов атмосферных процессов, могущих обусловить засуху в изучаемом районе. Решающую роль в этих процессах играет дивергенция нисходящих воздушных масс вдоль поверхности расходимости, существующей в каждом антициклоне. Эти процессы обусловливают адиабатическое нагревание опускающегося воздуха, повышенную инсоляцию, вызванную безоблачным небом, уменьшение влажности и повышение испарения, т. е. весь метеорологический комплекс, типичный при засушливом процессе». Но ведь этот факт общеизвестен.

Следующий момент, на который указывает М. А. Лорис-Меликов, это грань, которая проводится между суховейным процессом и засушливым. В тезисах говорится: «Суховей представляет собой атмосферный процесс, по своей термодинамической структуре принципиально отличный от засухи».

В чем здесь принципиальное отличие? Тут просто недоговорено. А именно: «Суховей возникает на южной периферии стационирующегося полярного или арктического антициклона при обязательном наличии явлений анафронториза, т. е. существования некоторой поверхности нисходящего скольжения воздуха».

Теперь возьмем определение засухи, которое находится в 3-м пункте: «Решающую роль в процессах засухи играет дивергенция нисходящих воздушных масс вдоль поверхности расходимости».

Здесь разница в том, что мы имеем только новый градиент. Известно, что суховей есть частное явление засухи, когда вы имеете еще вдобавок градиент постоянно действующего ветра. Принципиальной разницы в этих двух определениях, как мне думается, нет.

Суховейный процесс по тем данным, которые мы имеем, есть только одна из фаз засухи. Я, например, всегда старался отыскать засухи без ветра, со стационарным антициклоном, где слабый градиент; надо сказать, что таких засух, хотя я просмотрел карты почти за 40 лет, я не нашел. Всегда имеется ветер, особенно в дневные часы.

Далее, М. А. Лорис-Меликов очень неопределенно говорит о силе ветра, именно что в верхних слоях атмосферы на какой-то высоте скорость ветра должна быть 10 м. Мне кажется, что даже при сравнительно слабых градиентах ветер ослабевает только вечером и утром, а днем ветер всегда усиливается. Для испарения же имеет особенное значение дневной ветер.

Таким образом, я не вижу принципиальной разницы между засухой и суховеем, в особенности в тех определениях, которые были указаны докладчиком.

Работа о суховеях в свое время была поручена Центральным управлением Единой гидрометеорологической службы М. А. Лорис-Меликову. Тогда это была интересная попытка использовать все, что нам известно по работам проф. Б. Мультановского, попытка фотографирования явления суховея. Но мне не ясно, в каком приложении это может быть использовано для ирригации Заволжья. По этому поводу я бы хотел получить от докладчика соответствующее разъяснение.

В заключение я должен отметить, что с моей точки зрения нельзя изучать такие процессы, как засуха и суховей, без хозяйственной основы, без понимания этого процесса и без работы с группой работников всех родов оружия, которая, например, сконцентрирована в б. Саратовском институте засухи. Без такой совместной работы отрыв от действительности может быть очень глубоким.

Мое пожелание заключается в том, чтобы работы по засухе в дальнейшем не были оторваны от ведущих институтов, изучающих вопрос засухи, в частности, от такого крупного центра, каким является Саратовский институт. Путем усиления этого центра, прикомандированием к нему новых работников и путем совместной разработки вопросов засухи и ирригации Заволжья можно избежать многих ошибок при изучении этого весьма сложного явления.

С. Л. Бастамов. Мне хотелось сказать о двух основных намеченных нами вопросах: это вопросы об испарении и балансе влаги. Я считаю вместе с другими товарищами, что вопрос испарения весьма важен в данном случае; мы должны, конечно, этот вопрос проработать в лабораториях и теоретически, потому что сразу выходить в поле с каким-нибудь исследованием, конечно, весьма затруднительно.

Я задал Р. Э. Давиду вопрос, на который, к сожалению, ответа не получил: где в природных условиях на его опытных станциях получается большее испарение: во время ли свободного, не элиминарного, не задержанного препятствием потока с земной поверхности, или, наоборот, после того, как поток встречает какую-нибудь преграду и получает максимальное значение турбулентности?

Р. Э. Давид. Испарение, конечно, уменьшается, но не очень сильно. Это вполне понятный вывод из работ Шмидта.

С. Л. Бастамов. В такой связи, конечно, будет очень большое поле для работы.

Что касается переноса влаги, то этот вопрос весьма просто объясняется влиянием тех рельефов, которые я исследовал: влияние гор Ленкорани, Кавказского хребта совершенно ясно в этом режиме. Меня заинтересовал другой вопрос: можно ли прощупать влияние какого-нибудь увала в 150 м высотой? Оказалось, что даже и такие увалы прощупываются.

Итак, при изучении осадков следует, с одной стороны, учитывать изменение с высотой, а, с другой стороны, экранирующее влияние (экранирующее влияние мелких высот также дает свои результаты). Конечно, это не значит, что метод градиента должен быть распространен: он и служил для того, чтобы выявить влияния.

И. И. Крамалей. Аэрологические исследования, конечно, должны играть одну из главных ролей при разрешении поставленной задачи. В настоящее время сеть станций развертывается по строго определенному плану. Этот план в свое время был согласован с лучшим синоптиком норвежской школы Бержероном. В настоящее время сеть включает в себе около 200 пунктов. Развитие ее тормозится чисто техническими причинами: отсутствием баллонов для водорода, которые сейчас изготовляются. Следовало бы форсировать этот вопрос.

Вместе с тем, чтобы изучить аэрологические условия засушливого района, Единой гидрометеорологической службой организована сеть засухо-суховейных станций; в программу каждой из этих станций— а их 22 — входит зондирование атмосферы. Остановка также только за водородом. Приборы для зондирования имеются, и работы будут начаты в ближайшее время. В течение 1934 г. работы будут развернуты в основном по всей программе, начиная от Саратова, далее к Оренбургу и кончая станциями до Танна-Тувы, а южнее Ашхабад, Эмста.

Что касается условий переноса влаги по имеющимся данным, то несомненно, что в осредненном виде можно установить для Средней Азии, как мне известно, преобладающий ток с запада на высотах уже свыше 3 км; однако, любая синоптическая ситуация, конечно, меняет эти структуры переноса; с этой стороны изучение еще не производилось. Изучение структуры переноса влаги в верхних слоях в зависимости от основной синоптической ситуации является также одной из самых важных задач.

Теперь перейду к вопросу об актинометрии и деятельности солнца. В 1931 г. Гидрометкомитет Союза, теперь Центральное управление ЕГМС, поставил перед Наркомземом вопрос о необходимости разработки специальной проблемы зависимости погодных явлений на земле от деятельности солнца. Как известно, за границей этим вопросом весьма серьезно интересуются, имеется специальная комиссия, которая занимается проблемой земли и солнца. Но в основном работа там носит характер конгломератный, не направлена целеустремленно только на разрешение этой нашей проблемы.

Нами была создана специальная комиссия по проблеме земля-солнце. Исходя из имеющихся материалов, мы дали ей задание и имеем уже первые предварительные результаты.

Аббот в 1932 г. опубликовал результаты своей 25-летней деятельности по изучению солнечной постоянной в Америке. Эти американские работы считаются образцовыми, и, как известно, они единственные в мире. В этой работе он показал, что колебания солнечной постоянной можно разложить на пять правильных периодичностей, из них первые две главные (в 68 месяцев и 45 месяцев) представляют собой соответственно половину и одну треть колебаний пятнообразовательной деятельности солнца — $11\frac{1}{4}$ лет. Отсюда он заключает, что эти колебания солнечной постоянной связываются с такими явлениями, как пятно-образовательная деятельность. Найденные периодичности в солнечной постоянной представляют особый интерес и в смысле взаимоотношения с погодными явлениями.

Клейтон установил зависимость между мировой погодой и солнечной постоянной, а Абботу удалось установить также ряд очень интересных зависимостей между колебаниями солнечной постоянной и температурой воздуха в некоторых местностях Америки. Ряд других авторов показал, что в некоторых местностях кривая зависимости идет параллельно изменениям солнечной постоянной, в других она идет с отрицательным знаком.

Однако, следует отметить, что такого рода направление работ, при котором будут опираться только на один из индексов деятельности солнца, каким является солнечная постоянная, — недостаточно.

Мы поставили себе задачу найти такой индекс, который наиболее крепко связан с процессами погоды и гидрорежима. Работа Гусева (ГГО) показала, например, очень близкую зависимость между магнитным полем и отношением яркостей двух линий в ультра-фиолетовой части спектра. Оказывается, что здесь имеется весьма близкая зависимость. Прежде всего это показывает, что влияние земной атмосферы почти исключено.

По части гидрорежима зависимость в основном была довольно правильно определена работой Жукова в Средней Азии. Жуковым была показана зависимость между величиной осадков и 27-суточным периодом активности солнца. Бартельс устанавливает эту периодичность для магнитного поля земли, причем он только не устанавливает тех зависимостей с активным влиянием, которые установил до него Жуков. Поэтому у нас поставлена задача прогноза не только погоды, но и гидрорежима.

Зависимости между показателями активности солнца и гидрорежимом определяются целым рядом синоптических процессов. Выдвигается предложение проследить зависимость между активными зонами деятельности солнца и прежде всего 27-суточным солнечным циклом и синоптическими группами в поле погоды. При этом отмечается, что только совместной работой метеорологов, гидрологов и солнечников можно разрешить поставленные вопросы.

По части проблемы земля и солнце необходимо обеспечить разрешение задачи постановки прогноза солнечной деятельности. Задача еще полностью не разрешена, но в той части, где она уже освещена, необходимо продолжать ее уточнение.

Академия Наук должна поддержать эту работу. Необходимо поставить исследование солнца в нашем Союзе на совершенно новую платформу и уделять этой проблеме большее внимание в целях использования знания процессов на солнце для нужд прогнозов погоды и гидрорежима в первую очередь. Отсюда неизбежно возникает необходимость организации солнечной обсерватории. На состоявшемся недавно заседании у председателя Ученого Совета при ЦИК СССР т. Смидовича в этом смысле было вынесено соответствующее решение. Я думаю, что Академия Наук будет всемерно содействовать постановке у нас в Союзе изучения деятельности солнца. Я уже не говорю об изучении энергетического баланса в атмосфере, без чего синоптика и климатология работать не могут. В этом вопросе нельзя опираться только на американские обсерватории. По ряду соображений необходимо иметь непосредственные данные, получаемые у нас в Союзе со своей главной солнечной обсерватории и ее вспомогательных станций.

М. А. Лорис-Меликов. Я как раз выдвинул необходимость развития актинометрических наблюдений. И. И. Крамалей подробно развил эту тему, и поэтому мне остается сказать немного. Сейчас мы наблюдаем только непосредственную связь засушливых и суховейных

процессов с обусловливающими их процессами аномальной вторичной циркуляции. Мы не знаем, чем обусловливается аномалия. Подходя к этому основному вопросу, мы замечаем, что на первый план выступает энергетика, т. е. тот общий запас энергии, которую мы получаем от солнца. Этот запас различен: достаточно измениться «солнечной постоянной» на тысячную долю калорий, как в течение года мы получим уже несколько миллиардов калорий, недобранных атмосферой, что очень скажется. В настоящее время у нас методика для этих исследований совершенно отсутствует. Мне кажется, что здесь можно было бы взять карты северного полушария, которыми мы располагаем, подсчитать количество миграторных центров и их интенсивности и постараться связать кривую изменения этой величины с функцией солнечной деятельности. Она, вероятно, будет связана с какой-то кривой, выражающей деятельность солнца.

И. И. Крамалей прав, указывая на то, что мы должны синоптико-климатологический анализ сейчас связывать с анализом деятельности солнца.

Из прослушанных нами докладов (и я лично старался в своем докладе особенно это подчеркнуть) вырисовывается колоссальность тех процессов, вызывающих вредные явления, с которыми мы боремся, и я пользуюсь случаем лишний раз указать, что в настоящее врема мы, конечно, должны думать не о борьбе с этими грандиозными атмосферными процессами, так как сейчас в условиях нашей современной техники эта борьба невозможна, а только бороться с теми вредными последствиями, которые эти процессы в данном районе вызывают и обусловливают. Это обстоятельство нужно учесть, и, следовательно, мы должны стремиться парализовать вредный комплекс в данном районе, а не думать, что с помощью заграждений или ирригационных мероприятий удастся изменить динамику и термодинамику тех процессов, которые, с моей точки зрения, охватывают все северное полушарие.

Б. П. Вейнберг. Мне кажется, что проблему солнечной деятельности следует изучать как по тому направлению, которое охарактеризовал И. И. Крамалей и проектировал М. А. Лорис-Меликов, так и в другом разрезе.

Если теперь уже существуют ежедневные синоптические карты для северных полушарий, то можно по связи солнечной радиации и облачности, и солнечной радиации и влажности — сделать попытку построить синоптические карты притока солнечной энергии.

Мне кажется, что карты на каждый день строить не следует, а необходимо построить карты для целого месяца и затем сделать попытку по этим картам, сравнивая их с осредненными картами за целые периоды, выяснить происхождение циклонов и действие атмосферы. Необходимо не только констатировать чисто феноменологически связь суховея с таким то явлением, но мы должны поставить вопрос функциональной связи. Для этого необходимо итти в направлении решения задачи земля-солнце несколько иными путями. Не исключается тот путь, который указал И. И. Крамалей, и при

составлении резолюции я просил бы обратить внимание на работы Комиссии «земля-солнце» и по возможности их расширить.

В. Ф. Захаров. Я хотел бы сказать несколько слов о подсчете баланса влаги. Мне кажется, что эта работа является комплексной. Ведь не только количество выпадающих осадков конденсационной воды и количество испарений входят в элементы баланса, но и количество вод, стекших поверхностным током и попавших в область грунтовки (или подземных вод), также являетя элементом баланса. Мне кажется поэтому, что сейчас уже назрела необходимость поставить комплексное изучение баланса с точки зрения гидрологии, метеорологии и гидрогеологии.

В 1933 г. мне как раз приходилось работать в этих областях, на правом берегу Волги, и заниматься отчасти метеорологическими исследованиями. На поверхности суглинков в июне выпало во время дождя 28 мм осадков. Уклон был примерно сотенный, и ни одной капли воды в овраг не стекло: вся вода испарялась. В другое время (осенью, в середине октября), на тех же самых суглинках, на местах, где рельеф не имел уклонов, лужицы стояли несколько дней, или даже недели полторы-две. Вода почти не испарялась, а в июньский дождь ни одной капли воды не стекло, и уже через несколько часов поверхность суглинков была совершенно сухой.

Я попытался подсчитать водный баланс и производительность грунтового потока и количество воды, стекшей поверхностным током. Испарения же пришлось взять по разности. Величину конденсации всегда приходится брать гадательно.

Испарения в районе Астрахани по литературным источникам и по данным наблюдений выражаются весьма незначительной величиной в 574 мм, между тем как для Закавказья величина испарения выражается цифрой около 1600 мм. Разница в количестве испарений по общим объективным наблюдениям между Закавказьем и Калмыцкой областью не так велика: цифры получены невероятные по своим амплитудам: около 2000 мм и 500 мм.

Область величин испарения и конденсации в практической проектировке (когда каждому инженеру приходится все время сталкиваться с этими цифрами, делать выводы и расчеты) настолько запутана и противоречива, что, конечно, какие-то мероприятия со стороны Академии Наук в области получения цифр, приемлемых для проектировки, должны быть сделаны, и поэтому комплексное изучение района с точки зрения всех тех дисциплин, о которых я упомянул, крайне необходимо.

М. А. Лорис-Меликов (*заключительное слово*). По моему докладу выступил только Р. Э. Давид, поэтому я позволю себе остановиться только на тех моментах, которые он затронул.

Я считаю, что Р. Э. Давид из моего получасового доклада не мог охватить многого; он в основном не понял и принципиальной разницы. Принципиальная разница состоит в том, что поверхность дивергенции, обусловливающая засуху, является не фронтовой поверхностью, отделяющей воздушные массы различного происхождения,

а поверхностью расходимости воздушных потоков в теле антициклона. По обе стороны этой поверхности воздушная масса по происхождению одна и та же, тогда как поверхность нисходящего скольжения является, как я сказал, поверхностью фронтовой, и я думаю, что не нужно вам говорить, насколько с синоптической точки зрения и с точки зрения структуры и термодинамики велика разница между этими двумя поверхностями.

Далее, засуха и суховей отличаются друг от друга не только своей принципиальной разницей в термодинамической структуре, но также и другими особенностями. Суховей является очень кратковременным процессом, представляющим собой вспышку сравнительно редко наблюдающегося комплекса, тогда как засуха представляет собой комплекс длительный и достаточно устойчивый. Длительность суховея определяется часами, длительность засухи многими сутками.

Что касается скорости ветра, то как раз здесь следует указать на отличие подходов нового и старого. Прежде всегда пытались сказать, что существует определенная граница: до этого момента, до такой-то скорости процесс можно считать суховейным, а дальше нельзя. Если относительная влажность — 30%, то это суховей, а если — 32%, то разве это не суховей? Я и сказал: скорость должна быть велика в том смысле, что должна быть значительная адвекция, т. е. то, что А. В. Вознесенский назвал из немецкой литературы термином — перенос воздуха (Luftversetzung).

А. В. Вознесенский. Дополню третьим термином: расход воздуха.

М. А. Лорис-Меликов. Это условие термо-динамики для суховея необходимо.

Р. Э. Давид. В тылу антициклона обязательно будет то, что вы говорите. Я считаю суховей мимолетным моментом засухи, а вы придаете ему какой-то новый характер, совершенно непонятный. Я считаю, что в тыловой в югозападной части всякого антициклона появляется суховей, вы же говорите, что в тыловой части (югозападной) антициклона его не бывает.

М. А. Лорис-Меликов. Р. Э. Давид указал еще на то, что то определение засухи, которое я даю, имеется в элементарных учебниках. Что такое засуха — теперь всем хорошо известно, и если в терминах, принятых современной наукой, дать определение засухи, то и получится данное мной определение. Разумеется, дать что-либо новое в этом отношении нельзя, да я и не собирался этого делать.

Мое указание о необходимости рассматривать общую атмосферную циркуляцию всего северного полушария, а не небольшого отдельного района, Р. Э. Давид принял как личный выпад против него. Конечно, это не так: я имел в виду не работу Р. Э. Давида в частности, а вообще работы, которые рассматривают только особенности данного отдельного района.

Р. Э. Давид. Они рассматриваются мною только в мировом синоптическом разрезе. В этом отношении вы неправы. Частные

моменты можно также изучать в мировом разрезе, а не обязательно как частный случай.

М. А. Лорис-Меликов. Моей задачей было только показать, что мы не можем понять динамику и термодинамику процессов в небольшом участке, если этот процесс в этом небольшом участке является рефлексом и отражением процессов, развертывающихся на пространстве всего северного полушария. Я вовсе не хотел этим сказать, что не нужно изучать этот процесс в самом малом районе. Вполне понятно, что Р. Э. Давид мог у себя в областном масштабе изучать только преимущественно эту часть, а я, работая в центральном учреждении, занимался изучением всего северного полушария.

Р. Э. Давид. Совершенно не верно, потому что у меня есть тоже мировая синоптическая карта, равно как и у вас, и я могу взять эту проблему, в случае необходимости, в аспекте мирового масштаба, но только не оторванно от действительности.

М. А. Лорис-Меликов. Что касается отрыва от действительности, в котором меня упрекал тот же оппонент, то, конечно, никакого отрыва от действительности нет, потому что я изучал засуху в 1932 г. в Засухо-суховейном бюро Центрального управления, где работал целый коллектив.

Р. Э. Давид. В коллективе, который работал над вопросом засухи, есть много работников различных специальностей, но нет агрономов, которые живут природой, той природой засухи, которая находится только на местах. Необходим тесный контакт метеорологов и климатологов с агрономами.

Председатель. Мы с удовольствием выслушали сейчас приглашение от работников агрономии к тесному контакту в работе. С моей точки зрения это предложение должно быть зафиксировано безотлагательно.

На сегодняшнем заседании обнаружился ценный для рассматриваемого вопроса подход, который дает следующую общую, я бы сказал, дедуктивную структуру для его дальнейшего разрешения: прежде всего солнце как первоисточник энергии в развитии процессов земного шара, затем отражение этой циркуляции на всех местных особенностях, возникающих в связи с орографией, распределением суши и вод в интересующих нас районах, вплоть до изучения более детальных вопросов о влиянии и отдельных воздействий таких факторов, как искусственное лесонасаждение и ирригация, затем микроклиматические обстоятельства и взаимные воздействия климатических элементов и элементов упомянутых выше хозяйственных мероприятий.

При формулировке окончательного предложения, думается, надо было бы выдержать выявившуюся здесь систему в построении всех этих предложений.

Предлагаю избрать бригаду для выработки проекта резолюции в составе М. А. Лорис-Меликова, А. В. Вознесенского, А. А. Каминского, Р. Э. Давида, под руководством И. И. Крамалея.

(Предложение принимается и заседание закрывается)

СЕКЦИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

ЗАСЕДАНИЕ 30 НОЯБРЯ 1933 ГОДА

Председательствует В. Г. Глушков.

Председатель. Разрешите открыть заседание секции водного хозяйства и водного транспорта и предоставить слово представителю строительства Волга—Москва тов. Фидману. Доклад делается как информационный.

А. И. ФИДМАН

СТРОИТЕЛЬСТВО КАНАЛА МОСКВА—ВОЛГА

Канал, соединяющий Волгу с Москвой, является в системе проблемы Большой Волги головным участком, головным не только географически, но и по времени, потому что мы идем впереди других, так как проект уже составлен и на канале начались строительные работы.

Всего прошло два года с тех пор, как начались первые наши проектные работы и полевые изыскания. По идее канал должен удовлетворять следующим потребностям: он должен позволить поставить известную часть коммунального хозяйства Москвы, именно водную часть, на ступень, соответствующую значению нашей красной столицы.

В этой части канала необходимо разрешить две проблемы. Первую и основную, относящуюся к удовлетворению бытового водопользования, и вторую, в настоящее время основную (которая затем может быть отойдет на второй план), это — задачу по так называемому обводнению Москвы, преследующую прежде всего санитарные цели.

Наконец, третья задача, которую решает канал Москва—Волга, это — задача транспортная.

В первый раз в мировой истории гидротехнического строительства судоходному каналу поручается подача питьевой воды, и подобного рода комплексное решение возбуждало много сомнений среди отдельных групп авторитетных инженеров и санитарных деятелей.

Лишь после длительной проработки, к которой были привлечены Научно-исследовательский институт санитарии им. Эрисмана и Академия коммунального хозяйства в Москве, — найдено решение, удовлетворяющее обе стороны.

В порядке дальнейшего описания проекта канала я позволю себе на этой стороне несколько задержать ваше внимание.

Проблема обводнения Москвы-реки также потребовала специального изучения, в котором нам помог Научно-исследовательский институт им. Эрисмана.

Наконец, третья проблема — транспортная. Транспортная проблема принципиально и технически составляла для нас сравнительно мало затруднений, так как основной состав нашего проектного аппарата как раз — гидротехники по транспортной части.

Первая задача, относящаяся к бытовому водоснабжению г. Москвы, решалась в многочисленных перспективных планах самым разнообразным образом.

Много было споров, какие величины принимать, в какие периоды в качестве нормы водопотребления. Я пропущу историю этого вопроса, а скажу, что в настоящее время представители Москвы и ведомств сошлись на том, что примерно к концу третьей пятилетки следует рассчитывать для Москвы на водопотребление порядка 500 л на человека.

Что касается требований по санитарной части, то здесь исходили из обычных норм, норм минимального содержания кислорода в воде, которая определяется 4 мг на литр.

В дальнейшем я продемонстрирую каково в настоящее время фактическое положение вещей и как можно подойти к тому, чтобы это положение было исправлено.

Однако, нужно заранее оговориться: большинству из вас хорошо известно, что запасы Волги, в особенности в ее верхнем бассейне — а этот бассейн выше головного участка канала — составляют всего лишь 60 тыс. км^2; эти запасы по их среднему многолетнему выводу составляют 300 м^3/сек. Это очень скромная величина для того, чтобы можно было удовлетворить все растущую уже сейчас и в перспективе потребность Москвы.

Поэтому совершенно очевидно, что в дальнейшем придется эту часть проблемы считать только первым этапом и что дальнейшие вопросы обводнения Москвы придется разрешать путем привлечения вод верхнего течения Оки и путем регулирования истоков р. Москвы.

В конечном счете, при условии постановки такой задачи, мы можем рассчитывать подать не те 60—90 м^3 и, может быть, до 100 м^3, которые можно получить из Волги, но можно будет довести количество подаваемой в Москву воды до 200 м^3.

Но кроме количества здесь необходимо будет иметь в виду и качественное перераспределение этой воды. Ясно, что в дальнейшем часть этого потребления, бытовая, потребует все больше и больше воды, выходящей даже за пределы того плана, который мы в настоящее время имеем, как первую наметку.

С другой стороны, санитаризация реки Москвы и самого города требует применения все более и более совершенных методов очистки вод реки, и в особенности вод канализационных. Придется пойти

постепенно по линии внедрения тех интенсивных методов очистки вод, которые, например, в Америке являются уже совершенно освоенными и которые позволяют выпускать воду в реку после весьма высокой степени очистки.

При таких условиях и то количество вод, которое мы намечаем в первые годы по осуществлении канала сбросить в Москву-реку, может быть значительно уменьшено совершенством очистки канализационной жидкости, с тем, чтобы эту воду подавать на другие потребности, главным образом, бытовые и, может быть, промышленные.

Третий вопрос — транспорт. Необходимо отметить, что мы, инженеры и экономисты, долго и позорно путались в этом вопросе. В этом отношении проектирование искусственных водных путей велось неправильно по сравнению с той же проектировкой, например на железных дорогах.

Правда, были отдельные пионеры по рациональной постановке этого вопроса, одним из них является присутствующий здесь проф. В. Е. Тимонов, но он был долго одинок в этом вопросе. Постановлением правительства, которое состоялось в начале октября 1933 г., по транспортным водным магистралям утверждены шлюзы тех размеров, которые были весной этого года утверждены для Ярославской ГРЭС, т. е. длина шлюзов 290 м, ширина 30 м, с глубиной на порогах 5.5 м.

В настоящее время, после исторического решения об унификации размеров, мы уже стоим перед фактом организации сплошной водно-транспортной сети на протяжении во всяком случае главных магистралей, а к таким относится Волга и канал Москва—Волга, Мариинская система и т. д.

Что нам позволило технически сравнительно быстро подойти к решению о нахождении первой правильной схемы канала? Ведь гидротехники хорошо знают, что никакая другая проблема не была так сложна, как водная проблема. Например, Волхов, Днепр; ведь все эти темы имели десятилетнюю давность. По водным путям то же самое. Беломорский канал закончен в короткий срок, но он имеет свою историю очень длительную. Здесь же такой истории не было, если не считать, что лет 60 тому назад был построен небольшой водный путь по р. Дубне и ее притоку Сестре на Киев и на Москву-реку.

Но эту работу не успели закончить, так как постройка железной дороги сделала водный путь излишним.

Нам помогло разобраться в этом вопросе то обстоятельство, что центральная Европейская часть Союза, и в особенности Московская область, обладает сравнительно богатым материалом в области гидрологии и в области геологии.

Спустя 6 месяцев после начала работ мы составили первые три схемы водного пути, из них первая по идее Авдеева, основоположника всей идеи этого строительства, начиналась с северо-запада от г. Старицы и проходила в направлении на юго-восток. Канал по этому направлению должен был иметь длину около 220 км и начинаться на

Волге высокой плотиной, порядка 40 м, величиной, которая дала бы возможность иметь по каналу воду самотечную до Москвы.

По второй схеме, в которой канал начинался несколько ниже Твери, он должен был быть уже не самотечным, а ступенчатым, с насосными станциями.

И, наконец, по третьей схеме, окончательно утвержденной, канал, также насосный, должен был пойти через Дмитров от устья р. Дубны. После проработки этих вариантов оказалось возможным разобраться в них и выбрать наиболее подходящий, благодаря наличию тех материалов, о которых я упомянул. В результате оказалось, что уже к концу мая 1932 г. можно было представить на утверждение окончательный вариант направления канала. Этот вариант, в виде Дмитровской трасы, более детально здесь изображенной в проработанном виде, и был утвержден постановлением Совнаркома от 1 июня 1933 г.

Нам оставалось провести более интенсивные топографические работы, геологические, и, наконец, сосредоточить внимание на гидрологии.

В топографической части работ были применены обычные способы.

Были проведены нивелировки трех степеней точности: нивелировки высокого класса, которые были выполнены по нашему заказу, затем нивелировки повышенной точности и нивелировки технические. Последние два типа были выполнены нами.

Всего на 1 ноября 1933 г. было выполнено нивелировок около 9500 км.

Значительно большие трудности достались строительству в области геологии.

Но это всегда так бывает в гидротехнике: на геологию менее всего обращается внимания, и каждый раз в этом отношении повторяются ошибки, потому что в конце концов все-таки геологией определяются основные черты всего сооружения, в особенности основные моменты узлов гидротехнических сооружений.

Уже к началу 1933 г. нам пришлось развить геологические разведки, и в поле было выпущено более 100 комплектов буровых. Весной 1933 г. это количество достигло 150. Ежемесячная разведочная проходка составила 10—11 тыс. пог. м. В настоящее время эта проходка уже сокращена по своей интенсивности.

Например, в октябре—ноябре 1933 г. программа нашего строительства составляет всего около 5 тыс. погонных м. Цифры, товарищи, в достаточной степени почтенные. В настоящее время, однако, эта интенсивность бурения объясняется уже не тем, что мы ищем трасу канала, а тем, что уточняем отдельные места сооружений — это бурение в последних точках, там, где у нас крупнейшие сооружения; такие, скажем, как судоходные шлюзы, ищут точного места для себя уже в пределах 10—20 м, а по сложной местной геологии иногда и 10 и 20 м; в расположении сооружения они имеют огромное для нас значение.

В общем должен сказать, что геология не была блестяща. В разрезе мы имеем здесь по Московской области следующее. По поверхности идут разной мощности от 1.2 до 5 м суглинки. Суглинки новейшего образования, хотя здесь выступает и верхняя морена. Далее идут верхнеморенные суглинки и межморенные пески, а под ними — нижнеморенные суглинки. И, наконец, — нижнеморенные мельчайшие пески.

Вот — главный грунт, с которым нам приходится иметь дело, так как мы своими каналами, в конечном счете, скользим по поверхности.

Глубже идут юрские залегания, имеющие мощность от 0 до 65 м. Юрские залегания, начинаясь песками, более или менее перемытыми, дальше, по мере углубления, образуют портландскую и кемериджскую юру. Последние представляют собою юру чрезвычайно плотную. Наконец, под юрою на отметках, примерно 100 м над уровнем Балтийского моря, залегают каменноугольные известняки. Нас эти известняки интересуют только постольку, поскольку в некоторых частях каналов приходится для строительства рабочих городков искать питьевую воду.

Там мы и используем водоносные слои каменноугольные. Юры мы достигаем только в двух местах, непосредственно поблизости от Москвы.

В остальном приходится иметь в виду пески межморенные, пески иногда довольно хорошие — среднезернистые, крупнозернистые, гравиеносные. Очень часто приходится встречаться с моренными суглинками.

Теперь разрешите в общих чертах познакомить вас с некоторыми графическими материалами, которые более наглядно представляют отдельные моменты экономики.

На первой схеме (*показывает схему*) изображены грузовые потоки в том виде, как они представляются на канале, после осуществления реконструкции судоходства, верхнего участка Волги и Мариинской системы.

На изображенном графике (*показывает*) крайняя левая линия отражает Беломорский канал, затем Онежское озеро, далее Мариинскую систему и, наконец, самая толстая линия — канал Москва—Волга. Здесь, справа, вы видите Каспийское море и Волгу. Все линии потоков идут по направлению к концу канала, — к Москве. И это понятно, потому что главная масса грузов — это те, которые Москва потребляет. Москва очень мало отправляет и будет отправлять по воде. Примерно от 8 до 10% грузов. Главная масса падает на прибытие. Из них: строительных материалов — каменных от 30 до 40% и такое же количество процентов падает на лесоматериалы. Светлая линия представляет отправление дров, которое интенсивно появляется по Мариинской системе, начиная от Белого озера. Темнозеленая линия это—пиломатериалы, которые начинаются от Кандалакши, от Беломорского канала.

В первой части реконструктивного периода грузооборот выражается в 4.3 млн. т.

Долгое время оставался не решенным вопрос движения нефтяных грузов по каналу. На схеме грузовые потоки представлены, а нефтяных грузов не имеется. Однако, экспертная комиссия Госплана, рассматривавшая проект в мае — июне 1933 года, вынесла решение, что при современном техническом и конструктивном оформлении канала нет оснований опасаться за нефтяные грузы в том случае, если они будут поступать на специальных металлических баржах. Комиссия Госплана подсчитала эти грузы в количестве 1.5 млн. т.

Загрязнение Москвы-реки проходит вредьма интенсивно как промышленными водами, поступающими с обоих берегов, так и канализационными, поступающими со станции Кожуховской и со Старо-Люблинских полей.

С июля 1933 г. строительство канала Москва — Волга начало самостоятельно исследовать химически воды на многочисленных створах Москвы-реки.

Для августа 1933 г. результаты этих исследований показывают как катастрофически падает содержание кислорода в пределах центральной части города, как потом река, в порядке бытового самоочищения, восстанавливает этот кислород.

Разрешите далее представить некоторое сопоставление водопотребления, которое имеет в настоящее время место во всем мире.

Одесса достигает максимума — 222 л на человека для 1925 года. Второе место занимал Ленинград — 144 л на человека, и третье место занимала Москва с 80 л.

В Европе и Америке, имеется следующее интересное явление. Латинские страны — Франция, Италия — потребляют воды значительно больше, чем страны германские. Для Франции, например, величины выше 300 очень часты: 325, 330, 350, в то время как для Берлина всего 150 л на человека в сутки.

Америка, в среднем, имеет значительно более высокие нормы, не говоря уже о Чикаго, городе, в котором суточное употребление определяется 1324 л.

В Америке имеется целый ряд городов, где водопотребление составляет в среднем около 500 л на человека.

Для Москвы в первой наметке проектировалось 300 л на человека. В дальнейшем есть тенденция подойти хотя бы к среднему американскому водопотреблению, т. е. 500 л на человека в сутки.

Некоторые моменты конечного распределения водного баланса, идущего по каналу от Волги к Москве, таковы.

Обводнение 28 м^3/сек.; все водоснабжение 45 м^3/сек.; потери в самом канале вследствие фильтрации, около 16 м^3 и судоходство около 14 м^3.

Должен только сказать, что в этом плане не вся вода берется из Волги, а некоторая доля — 9 м^3/сек. поступает из частично регулированной р. Москвы.

А именно, мы в настоящее время в порядке исполнения особого задания, на притоке Москвы-реки, на р. Истре, строим довольно большую плотину с водохранилищем, общей емкостью в 200 млн. м^3.

Это водохранилище должно обеспечить возможность минимального сбора воды порядка 9 м³/сек.

Это же водохралище явится первым звеном в ряде мероприятий, имеющих целью понизить высоту катастрофичееких паводков на Москве-реке.

Это первое водохранилище может понизить на 0.6—0. 8 м паводок высоты порядка, бывшего в 1908 г. Она понизит высоту такого паводка от 60 до 80 см.

Проблема борьбы против паводков в настоящее время прямой задачи строительства канала не составляет, но нам уже сейчас поручено продолжать те топографические и гидрологические работы, которые были начаты нами до бассейну от р. Москвы с целью подготовки необходимой базы в виде исследовательского материала для составления рационального проекта регулирования стока р. Москвы.

Теперь разрешите перейти к каналу. В первоначальной проектировке мы имели в виду строительство канала для судов грузоподъемностью от 4 тыс. до 6 тыс. т. Но последнее задание, данное нам и всем проектировщикам Большой Волги, вводит иные суда, при ширине до 25 м, с осадкой до 4.5 м. Наибольшие имеющиеся сейчас суда на Волге поднимают 12 тыс. т. Суда указанных выше размеров будут поднимать до 18 тыс. т. Это будут, по преимуществу, нефтеналивные суда.

При этом размере шлюзов и канала и самые большие пассажирские суда, плавающие на Волге и имеющие длину в 110 м и ширину в 27 м с кожухом, также получат возможность плавать по каналу. Для удовлетворения движения таких судов канал имеет те сечения, которые изображены на этом чертеже (*показывает чертеж*). В тех местах, где требуется борьба против фильтрации, она совершается обычными методами, главным образом разработанными немцами, заключающимися в виде прокладки трамбованного слоя перемятой глины.

Нижний чертеж представляет образец канала в выемке.

Ширина канала по дну получается 46 м, ширина по поверхности 85.2 м и живое сечение около 370 м². Этот канал в таких размерах для подачи воды, как таковой, был бы не нужен. Те количества воды, которые будут проходить по каналу в первые годы его существования, порядка 50—60 м³/сек и до 90—100 м³/сек, в следующей стадии развития являются очень небольшими для такого сечения. Это обстоятельство — незначительность скоростей течения воды на канале, предназначенной для подачи воды здоровой, — и заставило нас произвести специальные обследования. При этом оказалось, что на существующих германских каналах зарастание каналов наблюдается почти исключительно в зависимости от глубины канала.

На старых германских каналах имеются небольшие глубины порядка 1.5—2 м. Зарастание там наблюдалось, и приходилось применять искусственные меры для очистки каналов. При более значительной глубине германских каналов такого заростания не наблюдается.

Наш канал будет иметь глубину 5.5 м и, следовательно, в этом смысле он будет безопасен, зарастания канала не будет. Это заростание могло бы иметь место у самых берегов канала, но здесь возможность такого прорастания будет почти исключена, так как для борьбы с разрушением откосов канала приходится укреплять его гравийной и каменной наброской, в пределах на 1 м выше и на 1 м ниже нормального горизонта воды в канале.

Следует отметить, что для движения транспорта канал получается очень выгодным в том смысле, что направление течения на канале, хотя бы и очень слабое, совпадает с направлением массовых грузов.

Против течения пойдет небольшое количество грузов порядка около 8 — 10%, а главное — порожние баржи.

Особому изучению пришлось подвергнуть вопросы зимнего режима на канале.

Это изучение закончено в своей гидравлической части для участков собственно канала, но оно не закончено для тех частей, которые примыкают непосредственно к насосным станциям как у входа в насосные станции, так и выше.

Те явления, которые будут иметь место, еще неясны, и как очертания, так и в особенности глубина заложения всасывающих и напорных труб, еще не выяснены. Вопрос еще находится в стадии изучения.

Разрешите в общих чертах перейти к описанию трасы самого канала и его продольного профиля.

Головная часть канала на Волге.

Здесь канал начинается большой плотиной, поднимающей современный уровень Волги на 17 м у дер. Иваньково несколько выше устья р. Дубны. По условиям высоты оказывается затопленной и значительная часть поймы. Приходится водосливную бетонную часть плотины продолжить в виде земляной дамбы, имеющей высоту от 5 до 6 м и длину около 10 км по левому берегу поймы. Правый берег Волги здесь значительно более высокий, и там такой дамбы не нужно.

Справа от плотины в особом канале будет расположен шлюз, дающий сообщение верхнего участка Волги, а вместе с тем и канала, с Нижней Волгой; далее к югу отходит собственно канал.

Первый участок канала на протяжении 16 км представляется самотечным. Вода поступает из водохранилища самотеком до первой ступени канала. Тут второй шлюз и первая насосная станция. Вся разность высот, которую придется преодолеть, составляет несколько меньше 40 м.

Отметка над уровнем Балтийского моря водохранилища на Волге 124, а отметка водораздельного участка канала — 162, всего 38 метров.

Бюро Большой Волги приготовило красивую акварель Волжского узла. Эта акварель дает достаточно наглядное представление о будущем

Иваньковском узле сооружения. Слева мы видим судоходный канал с расположенным в нем судоходным шлюзом. Слева поворот по каналу к г. Москве, а вправо поворот в верхнем участке Волги к г. Калинину.

Таким образом, здесь мы видим в центре судоходный бассейн-треугольник, который дает возможность движения судов. Меженное русло Волги перегорожено бетонной плотиной. Нами она трактуется несколько иначе, чем это здесь изображено.

Проект еще не утвержден, так что может быть и такая конструкция здесь нужна будет.

У правого берега проектируется гидростанция, и здесь же открытая подстанция.

Общий напор от Волги до водораздела 38 м. Эти 38 м распределены по ступеням почти поровну в пяти ступенях. Первая ступень — у шлюза № 2, затем идет довольно длинный бьеф на одной высоте до шлюза № 3, на котором запроектирован следующий подъем на 8 м.

Осуществляется она немного южнее Дмитрова на 56 км от начала канала.

Дальше, у шлюза № 4, пришлось реку Яхрому подпереть плотиной и создать озеро, которое будет частично использовано для канала.

В настоящее время для четвертого шлюза прорабатывается иное решение.

Дальше, от Яхромского озера канал идет вдоль долины р. Икши.

На участке от Дмитрова до Икши канал идет вдоль Савеловской железной дороги и Дмитровского шоссе.

Делать это приходится потому, что как раз долины Яхромы и Икши представляются единственно в топографическом отношении удобными местами для проведения дорог как железных, так и шоссейных.

Вне этих долин мы имеем справа и слева довольно холмистую, изрезанную местность, представляющую собой холмистые образования так называемой Клинско-Дмитровской гряды.

При помощи пятого и шестого шлюзов канал поднимается до проектного водораздела отметкою 162. Эта проектная отметка уже не меняется до самого г. Москвы.

Здесь мы имеем целую систему озер, образованных плотинами, и систему каналов. Всего озерных прудов на водоразделе будет пять: Икшанское, Учинское, Вязьское, Клязьминское и Химкинское с четырьмя каналами между ними.

По выходе из последней самой глубокой выемки канал попадает в р. Химку, а затем в Москву-реку, недалеко от Покровского-Стрешнева.

Между санаториями Елизаветино, Осиное Гнездо и Чайка на р. Химке расположена высокая плотина, рассчитанная так, чтобы она могла поддерживать горизонт воды с отметкой 162.

Прямая задача канала — подвести воду и транспорт к Москве — решается в этом месте (*показывает на карте*).

В дальнейшем для судоходства приспособлена Москва-река. Для этого воды Москвы-реки должны быть также отперты, что осуществляется при помощи двух сооружений, которые располагаются у села Карамышева и Перервы. Здесь, в деривационном канале, располагается шлюз, а в реке — плотина с подпором около 6 м.

По выходе из этого шлюза, ниже плотины, мы имеем отметку 120 над уровнем Балтийского моря. Эта отметка соответствует нижнему уровню вод, поддерживаемому у г. Москвы Бабьегородской плотиной, откуда этот горизонт должен быть продолжен вниз на протяжении всей Москвы-реки до Перервы. Строительство у Перервы развивается, и в настоящее время закончен деривационный канал. Подпор сооружения, после его реконструкции, станет также равным около 6 м.

Таким образом, траса канала составляет непрерывную систему судоходных устройств, причем в систему канала входит реконструированная Москва-река.

На этом дело не ограничивается. Большому транзиту будет трудно использовать Москву-реку. У нас имеется так называемый восточный участок канала, огибающий город с востока. Этот участок начинается с Клязьминского водохранилища у Пироговской плотины и проходит спокойной линией к востоку от города и спускается в бьеф Москвы-реки и Перервенского сооружения.

Наиболее сложным участком этого канала явится его юговосточная часть, там, где он пересекает узел железных дорог.

Западная часть канала решает не только транспортную часть проблемы, но решает проблему по обводнению Москвы-реки. По каналу в обход Химкинской плотины мы можем подать воду в Москву-реку и, таким образом, обводнить этот участок.

Как же решает канал подачу питьевой воды? Эта задача решается следующим образом.

На р. Уче, недалеко от Пушкина (станция Северных дорог) ставится плотина у д. Акулово. Эта плотина такой высоты, что подпорный горизонт воды выше нее оказывается общим со всеми водораздельными озерами, но только озеро у этой плотины отделяется от остальных при помощи двух земляных плотин, имеющих в своем составе донные водоспускные устройства. Все это рассчитано так, чтобы поверхностная вода ни в коем случае не могла попасть в это Учинское водохранилище, которому предназначена специальная роль по подготовке питьевой воды для города.

Объем этого водохранилища рассчитан таким образом, что вода будет подвергаться трехмесячному отстою раньше, чем попадет в водосборные городские насосные сооружения. Это гарантирует воде полное освобождение от бактериального заражения.

Вода из Учинского водохранилища подается по специальному каналу, после чего может быть принята городским водопроводом через очистные и отстойные устройства. Первое такое устройство проекти-

руется у совхоза «Максино». Кроме того, к югу на Дмитровском шоссе располагается водохранилище, которое дает возможность подать воду в северную часть Москвы. Вода будет накачиваться в это водохранилище, где будет отстаиваться в течение трех месяцев и после будет проходить водоочистные станции.

На продольном профиле мы видим повторение точек, о которых я уже докладывал.

Сначала 17-метровый подъем на Волге. На 16-м километре расположен один шлюз, на 66-м другой шлюз, затем третий, четвертый, пятый и шестой, поднимающие воду в длинный водораздельный участок, который представлен в виде системы озер.

Затем спуск в Москву-реку осуществляется при помощи двухкамерных шлюзов, составляющих большой строительный узел значительного объема работ, порядка до 2.5 млн. м^3 земляных работ и около 600 тыс. м^3 бетонных и железобетонных работ.

Дальше на Москве-реке изображена Каратышевская плотина и перепад, имеющий 6 м. И, наконец, последний перепад на крайнем юге у Перервы.

Разрешите закончить доклад обзором еще некоторых схем.

Вот схема (*показывает*) восточного судоходного канала, который также должен быть шлюзован при тех же разностях высот, как и западная ветвь.

Поперечное сечение канала имеет те же сечения, которые были представлены на предыдущей схеме.

Далее здесь изображена схема (*показывает*) судоходного шлюза и рядом с ним насосной станции. В этой первичной схеме судоходный канал должен быть развит в два обширных бассейна для того, чтобы удовлетворить интересам судоходства, главным образом при захвате и подаче воды в этот канал. Эта схема в лабораторном порядке еще не апробирована, поэтому она является только одной из первичных схем.

Здесь же следует обратить внимание на схему расположения сооружения шлюза.

Он имеет в длину 290 м и имеет три головы — верхнюю, нижнюю и среднюю, которая делит камеру шлюза на две части: верхняя 120 м и нижняя 170 м.

Расположить таким образом среднюю голову у нас заставляют следующие соображения.

Не всегда длинные караваны судов будут пользоваться шлюзом. Как правило, пассажирские суда должны иметь для себя укороченную камеру. Я уже говорил, что самый большой пассажирский пароход будет иметь 110 м длины, и верхняя камера для такого парохода совершенно достаточна. Это удобно в эксплоатационном отношении и необходимо для максимального сбережения воды в укороченных шлюзах.

Подсчеты, которые делались нами с целью выяснения возможных условий устройства сберегательных бассейнов, показали, что устройство их, несмотря на то, что мы накачиваем воду, все же невыгодно.

При пересечении канала многочисленными речками придется устанавливать переходы, главным образом, при помощи сифонов, труб, и ряд открытых выпусков там, где это разрешено по санитарным соображениям. В одном месте через р. Сестру придется построить судоходный виадук.

Сооружение уже закончено на р. Кухолке к северу от Дмитрова. Пришлось построить его спешным порядком, потому что дальше канал идет на большом протяжении в дамбах, которые требуют разворота работ уже с ближайшей весны.

Один из интересных узлов — Яхромский, — осложнен тем, что кроме судоходного шлюза здесь устроена плотина, подпирающая воды на Яхроме, и судоходная траса частично проходит между берегами этого озера.

Верхний бьеф системы каналов и водохранилищ создается при помощи 6 земляных плотин.

В зависимости от различных геологических условий и конструктивные толкования этих плотин различны. Наиболее тяжелые геологические условия мы имеем у Акулова. Здесь изображена в схематическом виде плотина в ее поперечном и продольном разрезах. Плотина очень широкая по основанию с уклоном 1 к 4 в подводной части и от 2 до 3 со стороны воздушной части. Она имеет экран специального устройства; экран разработан на строительстве Беломорского канала по идее проф. А. Ф. Лебедева. Экран этот состоит из слоев торфа и песка, это 5-слойный экран, который, оказалось, очень оправдывает себя и превосходно заменяет глиняный в тех случаях, когда глины нет, а есть торф.

В нижней части экран опирается на глинистое заполнение и на шпунтовое заграждение.

Как я указал, во всех земляных плотинах мы устраиваем водоспускные части, имеющие целью питание нижней части реки, с одной стороны, а, с другой стороны, при их помощи можно опорожнить водохранилище в случае надобности.

Однако, по пропускной способности они весьма ограничены, так что рядом в обход плотины приходится строить отдельные сооружения в виде перепадов. Вот здесь и изображены водосбросы Акуловской плотины.

Те две плотины, которые отделяют водоотстойную часть Учинского водохранилища от судоходной части, строятся по специальному заданию.

Они должны не только изолировать в санитарном смысле воду по обе части плотин, но должны на случай аварии или катастрофы с нижней плотиной вынести на себе напор верхней системы водохранилищ.

Этим плотинам пришлось придать особую устойчивость, поэтому здесь имеется система дренажей и каменных одежд, которые такую устойчивость плотин обеспечивают.

Вода, отстоенная в Учинском водохранилище, подается при помощи специального водоводного канала к востоку от города Москвы.

В современной трактовке, одобренной экспертизой ТЭС Госплана, этот канал является по типу своего устройства смешанным каналом.

Участок этого канала там, где он пересекает жилые местности, устраивается в бетонных трубах, но на большем своем протяжении канал трасирован в лесистой местности, удаленной от города, и это позволило в целях удешевления предложить систему двойного открытого канала. Пропускная способность каждого из этих каналов около 9—10 м³/сек с учетом на покрытие канала льдом толщиной до 80 см.

Должен сказать, однако, что описанная схема в части земляного канала еще не является окончательно утвержденной. Хотя такой канал обойдется вдвое дешевле, чем сплошные бетонные водоводы, тем не менее, в целях безопасности, может быть, будет принято и иное решение — о подведении воды к городу сплошь железобетонными трубами.

Часть участка канала, наиболее тяжелая по количеству работ по глубокой выемке — это на водоразделе между Химкою и Клязьмой.

Мы имеем верхнюю часть, сплошь покрытую суглинками, в южной части — торфами, а в центре — пески разнообразного состава.

На этом канале мы предвидим при его окончании ряд очень серьезных затруднений.

Дело в том, что нижняя придонная часть канала проходит как раз в очень мелких песках, легко приходящих в плывунное состояние, и метод разработки и поддержания устойчивости канала в этой части нами еще не разработан.

Не исключается возможность (мы это предвидим) того, что в случае, если мы не найдем удовлетворительного метода для разработки здесь канала в одном уровне, может быть придется устроить шлюзованный ступенчатый канал, в виде двух дополнительных шлюзов — входного и выходного.

Очень интересный строительный узел получается у Покровско-Стрешневского тупика, комбинация которого здесь изображена.

Здесь имеется высокая до 30 м Химкинская плотина; дальше идет деривационный канал, в котором имеются двухступенчатые шлюзы, имеющие каждый по 5 шлюзных голов.

Питание же Москвы водой для обводнения намечается при помощи специального канала, который выходит в западной части водохранилища и вода которого пропускается через гидростанцию. Эта гидростанция может быть использована, и ее мощность может быть доведена до 30 тыс. квт. В этом — попытка до некоторой степени регенерировать ту энергию, которая расходуется при подаче воды насосами.

На Москве-реке мы имеем хорошее основание для Карамышевской плотины, в виде юрской глины. Здесь намечается 4 пролета 20-метровых с двойными сегментными щитами, из которых верхний — для пропуска воды в период ледохода.

Рядом имеется электростанция в 4—5 тыс. квт.

Такое же сооружение намечается и на Перерве, но здесь из-за значительных расходов воды, при необходимом условии поддержать определенный уровень при небольшом сравнительно перепаде, мы получаем 7 таких пролетов, которых мы в условиях Карамышевской плотины имеем только 4.

В Перерве бетонный флютбет, который опирается на песчаный грунт, для сопряжения с глиной основания заканчивается зубом, состоящим из ряда опускных колодцев. Система шлюза та же, что и на всем канале. Шлюз имеет также три головы, размеры которых показаны в плане. Камера шлюза представлена в виде двух железобетонных стенок, имеющих опору в виде солидной плиты 12.5-метровой ширины.

Наполнение и опорожнение шлюза будет происходить таким образом, что все водопроводные устройства сосредоточены в головах шлюза.

В камерных стенках галлерей иметь мы не будем. При этом верхняя голова, по опытам нашей гидротехнической лаборатории, устраивается таким образом, что в ней мы будем иметь сегментные ворота двухконсольного типа, которые закрывают порог шлюза и поддерживают напор.

В первый период наполнения камеры ворота поднимаются, и вода поступает сквозь узкую щель, а затем ворота опускаются, и камера наполняется при условии переливающейся струи. Для эксплоатации судов получились условия, очень удобные, но нижняя голова снабжается двустворчатыми воротами, на этот раз металлическими; раньше, при ширине шлюзов 20 м, были разработаны деревянные ворота, а теперь, при увеличении ширины до 30 м, пришлось от них отказаться.

Система опорожнения шлюза намечается при помощи галлерей, идущих в голове шлюзов.

Разрешите на этом закончить.

ПРЕНИЯ

Председатель. Будут ли какие-нибудь вопросы к докладчику т. Фидману.

С места. Докладчик указал, что суда будут иметь ширину до 27 м; канал 46 м, какая возможность встречи судов?

Председатель. Докладчик не коснулся экономических коэффициентов. Проработаны ли эти коэффициенты или вы этого не коснулись за недостатком времени? Было бы интересно знать стоимость строительства и как оно разбивается на обводнение и транспортные задачи.

Затем по части водоснабжения, во что будет обходиться единица воды? Как это удорожит транспорт? Может быть, водный транспорт будет дороже железнодорожного. Нет ли какого-нибудь освещения?

С места. Сколько нужно воды в первую очередь и окончательно, насколько пополняются запасы воды на пути трас и какое количество энергии нужно на перекат?

Михайлов. В земляных плотинах применены типы бакетных дренажей, но применялись ли другие дренажи?

Яворский. Меня интересует общая мощность установок на канале. Как вы считаете, после последнего декрета будет ли плавание из Горького в Москву экономичнее и целесообразнее по каналу, а не по Оке?

Верховский. Насколько вы считаете возможным срабатывать верхний бьеф Иваньковской плотины зимой и летом?

С места. Известны ли докладчику точные подробные данные о возможности насосной станции? Тут будет насос до 32 м³. Нельзя ли более подробно остановиться на типе насосов.

Остроумов. Обеспечивается ли на всем протяжении канала глубина в 5.5 м? Как увязывается с расходом воды при шлюзовании, особенно при подъеме из Волги, возможность транспортирования судов? Не слишком ли много будет расходоваться воды при таком шлюзовании?

Брегман. Если разработана схема, то желательно узнать хотя бы принципы грузооборота Московского порта. Оправдываются ли экономические подсчеты типа судна на 18 тыс. т. Может быть выгоднее больше?

Иванов. Предрешен ли вопрос о переустройстве Москворецкой системы и связывается ли это с проектом Москва — Волга канал?

А. И. Фидман. Один вопрос касается Валдайских гидроустановок. Должен сказать, что эта тема очень сложная, разрабатываемая в течение нескольких лет целой организацией. Я почти с этой проблемой не знаком. Если бы мне было поручено ее экспертировать, то я мог бы ответить, а в настоящее время разрешите ограничиться рамками своего доклада.

Что касается распределения водоснабжения, то я указал, что тут есть схема, довольно подробно и детально характеризующая это разделение. Поэтому всех, кто интересуется этим вопросом, я бы просил посмотреть эту схему внимательнее. В докладе я отметил и должен еще раз повторить, что распределение воды будет каждый год различно, в зависимости от необходимости удовлетворения отдельных потребностей многочисленных потребителей. То, что мы сейчас даем, это — полная схема на данный момент при известных предположениях. При изменении какого-нибудь предположения или требования, соответствующим образом меняется эта схема.

Теперь вопрос об Иваньковском водохранилище, о его сработке и об объеме работ. Это водохранилище проектируется при отметке 124, его общий объем брутто 1300 млн. м³. В зависимости от характера сработки, объем выразится цифрой от 580 до 890 млн. м³. При предварительной сработке летом порядка 1 м, т. е. до отметки 123, и зимой несколько больше 2 м, мы имеем полезный объем водохранилища несколько более 600 млн. м³ воды.

Глубина на канале 5.5 м обеспечивается повсюду. Она будет меняться несколько зимою в несудоходный период, когда вследствие покрытия поверхности канала льдом придется уклон на канале при пиковой работе насосных станций несколько увеличивать. Это увеличение будет происходить отчасти за счет повышения высоты бьефа у начала и за счет сработки его в конце. Благодаря этому получится кривая спада поверхности воды у насосной станции.

У меня имеются подробные таблицы. Здесь присутствует начальник нашего Отдела гидрологии и интересующимся оппонентам можно будет показать эти таблицы более подробно для разных моментов и периодов эксплоатации канала.

Расходы воды на шлюзование на Волге намечаются от 9 до 14 м³, в зависимости от отдельных периодов эксплоатации канала (эти расходы показаны на той же схеме). Кроме этих расходов необходимо еще предвидеть, что на шлюзование, на северной конечности канала, нам придется иметь в постоянном обороте часть воды, которая на время судоходного периода будет изъята из Волги и будет подкачиваться в шлюзы, не попадая в идеальном случае на Волгу. Это имело бы место, если бы здесь были размеры круглосуточного графика судов.

Вопрос о выпуске судов, о судне в 18 тыс. т и т. д. Размеры каналов и шлюзов определяются государственными соображениями.

Размер шлюза, который нам сейчас задан, является размером шлюза, утвержденного правительством для Ярославского сооружения. И тем обстоятельством, что в настоящее время для всех шлюзов на Мариинской системе, Волге и на канале приняты эти размеры, определяется и известная государственная система транзитных водных путей; при таких условиях может ли быть речь об экономических расчетах, оправдывающих, скажем, стоимость того или другого сооружения в данном отрезке?

Нет, речи об этом сейчас быть не может.

Я уже указывал, что если мы будем экономически для определенного момента времени определять размеры сооружений, то мы придем к тому разнообразию в размерах сооружений и к тем длительнейшим спорам, которые имели место до последнего момента, когда этим спорам положен предел тем, что надо строить водные пути единой пропускной способности и единых размеров. Мы здесь, в сущности, идем по тому пути, который был 50 лет тому назад избран Францией, когда была назначена единая система размеров сооружений. Подходит сейчас к этому типу и Германия, которая также устанавливает у себя единую систему размеров каналов и сооружений.

Отвечу попутно на вопрос о портовых сооружениях. Они у нас разработаны в виде схемы довольно подробно и даже подверглись одобрению со стороны экспертизы Госплана. Портовые сооружения намечались нами прежде всего у Химкинского озера и затем на юге от Москвы у Сукина болота; на Москве-реке намечается целый ряд пристаней как пассажирских, так и товарных.

Однако, в настоящее время мы получили указание, что едва ли окажется возможным использовать Химкинский пруд целиком для судоходства. Здесь может быть будут пассажирские пристани и очень небольшое количество грузовых, так как эта площадь предназначается для иных целей.

Что касается судоходного восточного канала, то здесь имеется схема портовых устройств в юговосточной части, где, кстати сказать, сосредоточено наибольшее количество промышленных предприятий Москвы. В виду некоторой неопределенности в схеме порта, я ее и не касаюсь.

Теперь по вопросу о переустройстве Москворецкой системы. Я докладывал, что Москворецкая система не принадлежит к ведению нашего строительства, она находится в ведении Наркомвода, но, насколько я знаю, там разрабатывается в настоящее время проект переустройства Москворецкой системы, который должен быть осуществлен во второй пятилетке.

Теперь о силовых установках и насосных станциях. Число и мощность насосных станций проектируется с таким расчетом, чтобы можно было ограничить работу станции 15—17 часами в течение суток для того, чтобы станция могла стоять в течение нескольких часов наивысшей загрузки Мосэнерго. Таким образом, преследуются две цели: с одной стороны, выравнивание графика работы электросетью Мосэнерго и, с другой стороны, возможность получения от Мосэнерго энергии по стоимости, близкой к топливной составляющей. На каждой станции намечается установка 6 насосов по 22 м³/сек. мощности каждый. В дальнейшем развитии предвидится возможность установки еще двух таких насосов на каждой станции. У каждого насоса устанавливается мотор, мощностью несколько менее 3 тыс. квт. Типы насосов прорабатывались по двум направлениям: насосы диагональный и пропеллерный. Выписана из-за границы модель пропеллерного насоса. В настоящее время положение этого вопроса таково, что защитники диагонального насоса от этого типа отказываются, и мы, повидимому, уже в настоящее время можем считать установленным пропеллерный тип насоса.

Использование современного волжского водохранилища плюс регулировочная возможность Иваньковского водохранилища при отметке 124 дают обеспеченность, примерно, на 95% расхода воды, в среднем около 100—110 м³/сек. с небольшим.

Вопрос дальнейшего увеличения степени регулировки есть вопрос строительства дальнейших плотин и системы водохранилищ на Верхней Волге. Как известно, средний многолетний незарегулированный расход Волги у Иваньково приближается к цифре 300, точнее несколько меньше — около 290 м³/сек. воды. Таким образом, после постройки Иваньковского сооружения, с учетом существующих верхневолжских сооружений, будем иметь степень зарегулированности несколько более 30%.

Вопрос о дальнейшем регулировании изучается пока, главным образом, в камеральном порядке, и в настоящее время нет (у нас,

по крайней мере) возможности ответить на вопрос о том, какая же степень зарегулированности может считаться для бассейна Верхней Волги эффективной. На основании существующих примеров подобного рода работ можно думать, что зарегулированность порядка 60%, может быть 70%, не была бы чрезмерно дорогой.

Теперь некоторые конструктивные моменты. Система дренажей в плотинах проектируется разнообразная. Это обстоятельство находится в тесной зависимости также и от количества местных материалов и качества их, которые мы можем получить.

Второй вопрос — о напряжениях в тросах судов в камере судна при значительных размерах. Мы при системе наполнения, разработанной нашей лабораторией, не выходим из пределов, обычно принятых, даже несколько ниже этих пределов.

Вопрос о сплошном днище в камере шлюза. Некоторые шлюзы, два, а может быть и три шлюза, придется построить на сплошном днище. Остальные шлюзы удастся конструировать так, как изображено здесь для малонапорного сравнительно Перервенского шлюза, т. е. при помощи отдельно стоящих стенок.

Теперь вопрос об объеме работ и стоимости их. В связи с новым заданием, которое мы получили менее двух месяцев назад, в настоящее время происходит пересоставление всех проектов, относящихся к шлюзам, а частично и к каналам. В настоящее время могу сказать, что количество земляных работ на каналах определяется 130 млн. м³ с небольшим, из них меньше 100 — падает на выемки, а остальные — на насыпи. Сюда входят и гидротехнические сооружения, в том числе и земляные плотины.

Количество железобетонных работ выражается 2.7 тыс. м³ примерно. Наибольшая масса бетонных работ — несколько больше 400 тыс. м³ — падает на участок у Иваньковского сооружения и у Химкинского сооружения, где эта часть шлюзов дает около 450—500 тыс. т бетона. Вес металла — 26 тыс. т. Стоимость — около 900 млн. руб.

Теперь отвечу на вопрос относительно экономического состояния. Должен сказать, что поскольку экономическая база изменилась, постольку и изменились затраты. У нас первоначальная смета была составлена порядка 535 млн. руб. Теперь все это придется перерассчитывать в связи с иной установкой в этом вопросе.

Акад. С. Г. Струмилин. В какую сторону пойдет изменение и будет ли стоимость дороже или дешевле?

А. И. Фидман. Для данного момента это будет дороже. А для того момента, когда канал сможет подать большее количество воды и когда все шлюзы будут использованы для грузопотоков, которые будут доведены до 15 млн. т, тогда мы получим и другой экономический эффект.

Совершенно очевидно при этом, что если бы это было, скажем, частное предприятие, то первый момент наибольшей нагрузки упал бы на потребителя воды, потому что до тех пор, пока нет Мариинской системы и шлюзованной Волги, Москва будет обслужена судоходством

слабо. Наоборот, когда мы подойдем к использованию всей пропускной способности водного предприятия, то получим иные цифры. То же самое получается и с себестоимостью перевозок, если будем к этой себестоимости прибавлять тот или иной процент на капитал.

Но, как видно, предприятие в наших старых подсчетах при смете в 550 млн. руб. получилось выгодным. Как раз в этом отношении мы были в удобных условиях, благодаря тому, что несколько лет назад трест Московского водопровода вел проектировки, так что мы имеем возможность сравнивать стоимость единицы воды, получаемой тем или иным способом. Вода, получаемая по каналу, оказалась более дешевой.

Председатель. Почему отпал первый вариант?

А. И. Фидман. Первый вариант отпал, прежде всего, потому, что по количеству работ на самом канале он оказывается вдвое более значительным, чем канал принятый.

Председатель. И это не перекрывается удешевлением издержек?

А. И. Фидман. Нет. Эта схема была отвергнута. Вторая причина — та, что самое строительство по схеме представлялось сомнительным, и в настоящее время это сомнение усиливается, благодаря тому, что место, где необходимо строить плотину по Старицкому варианту, обладает значительным развитием карстовых явлений. Геологи, в том числе акад. Архангельский, предупреждали нас в этом отношении. Акад. Архангельский сказал: вы должны проработать года два-три над исследованием и нет гарантии, что эти условия окажутся благоприятными.

Я докладывал об участке нашего канала, известном под названием «продольной возки», где мы должны сделать выемку; этот канал протяжением 6 км и общее количество земляных работ 11 млн м^3; на том канале есть участок, где необходимо сделать выемку, глубиной 35 м на протяжении 21 км в несколько десятков миллионов кубометров. Разработка этой выемки, при помощи обычного способа, невозможна, и в дальнейшем пришлось бы перейти на иной способ работ. В этом главная причина. Длина канала 220 км. Если его считать как транспортный канал в направлении на Рыбинск, то мы делаем 150—200 км.

Акад. Г. М. Кржижановский. Авдеев был против вас?

А. И. Фидман. Раньше он был против, а теперь он с нами согласен. Там действительно физико-географические условия этого канала, к сожалению, очень трудны, и мы имели бы двойную сумму сметных расходов.

Акад. Г. М. Кржижановский. Сколько теперь имеете сметных расходов?

А. И. Фидман. 900 млн. руб.

С места. Сколько вы воды берете?

А. И. Фидман. 60 м^3.

С места. С каким желательным увеличением?

А. И. Фидман. С желательным увеличением до 95 м^3.

С места. А по пути поступает вода?

А. И. Фидман. Довольно много, но по самым грубым расчетам у нас не хватает — мы умудряемся терять воду, хотя здесь под Дмитровым на горе существуют пруды. Думаю, что воду мы будем иметь. Приходится пользоваться литературными источниками, калифорнийскими, среднеазиатскими данными и т. д. Для наших условий европейского Востока и Европы мы не имеем данных.

Акад. Г. М. Кржижановский. Сколько в год кубических километров вы берете от Волги?

А. И. Фидман. В первую очередь около 2 км^3, а затем 3 км^3. Средняя мощность Волги определяется цифрой в 300 м^3/сек. или около 8 км^3 в год. При устройстве Иваньковского сооружения на Волге, дающего большое хранилище, и при использовании верхневолжских водохранилищ мы можем обеспечить в этом профиле Волги минимальный расход 110 м^3/сек., т. е. на 35% с лишним возможен сбор воды.

Акад. Г. М. Кржижановский. Там 300 м^3/сек., а вы берете 60?

А. И. Фидман. 60 в первую очередь и до 100 м^3/сек. во вторую.

Акад. Г. М. Кржижановский. Тут главный конфликт не с Каспийским балансом, а с системой Валдайского узла.

А. И. Фидман. Если мне будет поручено дать экспертные заключения, то я тогда могу сказать.

С места. Какой энергобаланс?

А. И. Фидман. На 60 м^3/сек. воды мы забираем у фицеров около 300 млн. квтч. энергии, которая используется в течение суток вне пик, т. е. в течение 17 часов.

Вернуть часть этой энергии мы можем при помощи гидроустановок Иваньковской плотины, у Химок, Карамышева и Перервы. Последние три установки, находящиеся в пределах городской черты, мыслятся как исключительно пиковые, поэтому установленная мощность соответствующим образом увеличивается. Работа Иваньковской плотины в настоящее время менее ясна.

Всего возможно регенерировать на Волге и на 4 установках до 19 млн. квтч.

Но это очень приблизительные подсчеты, в Главэнерго они не представлялись и никем не рассматривались, так что я их вам сообщаю неофициально.

С места. Но это при 60 м^3/сек.?

А. И. Фидман. Да. Дальше там получается до 370 млн. квт расходной части. Приходная часть немножко повышается, потому что отдача будет несколько выше.

Председатель. На этом мы с первым докладом покончим. Разрешите поблагодарить докладчика и перейти к следующему докладу. Следующий доклад тов. В. И. Тимонова «Зимний режим реконструированной Волги и водный транспорт».

В. Е. ТИМОНОВ

ЗИМНИЙ РЕЖИМ РЕКОНСТРУИРОВАННОЙ ВОЛГИ И ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

§ 1. Основы решения комплексной проблемы максимализационной реконструкции р. Волги. Комплексная народно-хозяйственная проблема р. Волги состоит в установлении на ней такого искусственного режима, при коем будут осуществляться: принцип оптимального извлечения выгод из водных ресурсов ее гидрологического бассейна, т. е. будет обеспечено использование максимально возможного объема воды как вещества, попадающего во время кругооборота в пределы бассейна, использование максимально возможного находящегося в этом объеме энергетического запаса и использование наивыгоднейшим образом среды воды для транспорта, рыбопромышленности и пр. — все это при условии возможно исчерпывающей борьбы с неблагоприятными для района влияниями воды. Такая реконструкция реки есть доведение до максимума народно-хозяйственного значения реки, что и дало автору настоящего изложения предложить название «максимализация» для совокупности необходимых при этом мероприятий, название, уже вошедшее в русскую и иностранную литературу. Максимализация реки есть высшая форма решения комплексной реконструкционной проблемы.

В основе решения каждой речной проблемы лежит техническое воздействие человека на гидрологические условия стока. Способы этого воздействия многообразны. Для нужд водоснабжения, обводнения, орошения вода извлекается из водоемов при посредстве более или менее сложных систем сооружений, заключающих в себе плотины, водозаборы, насосные станции, акведуки, брутопроводы и пр.

В целях улучшения судоходности речного истока служат: обстановка опасных мест, удаление отдельных препятствий, систематическая сигнализация судового хода, регулирование при посредстве механического дноуглубления, шлюзование, искусственное питание в межень, обходные каналы. Порознь и вместе в разных сочетаниях они встречаются во многих речных бассейнах и осуществляют с большим или меньшим успехом возложенные на них транспортные задачи.

Рыбопромышленность обслуживается улучшением условий транзита рыбы из низовьев в верховья рек и образованием в известных случаях особых резервуаров.

Энергетическое использование воды достигается улавливанием действия силы тяжести в местах естественных или искусственно создаваемых при посредстве водоподпорных плотин падений.

Для борьбы с вредными воздействиями воды в виде наводнений, заболачивания, занесения культурных земель песком, эрозии, принимаются также многие технические меры в различных сочетаниях.

Некоторые из приемов технического воздействия на речной поток могут служить одновременно нескольким целям. Например, искусственно созданный при посредстве плотин резервуар может обеспечивать нужды судоходства, энергетики, орошения, а отведенный из реки канал может обслуживать судоходство, орошение и т. д. Отсюда возможность рационального решения комплексных водохозяйственных задач.

Степень комплексности может быть различная, приводя к сочетаниям двух и более элементов водного хозяйства.

Техника давно уже осуществляет частичные мероприятия, призванные удовлетворить той или иной из названных потребностей. Так возникли водопроводные устройства для бытовых, оросительных и обводнительных нужд, искусственно сосредоточенные посредством плотин падения для энергетики; регулирование, шлюзование, дноуглубление для водного транспорта и т. д.

Для всех этих частных решений водохозяйственных задач можно найти образцовые сооружения, удовлетворяющие вполне своим узким целям. Но оптимальные возможности реки в целом, и тем более речной сети страны, нигде еще не использованы в сколько-нибудь удовлетворительной степени, а вред от неурегулированных вод продолжает во многих местах быть серьезным.

Удовлетворить этим оптимальным возможностям может только максимализация реки, понимаемая в смысле, охарактеризованном выше.

Максимализация реки вносит коренные изменения в условия жизни реки, так как в ее основе лежит образование в речных долинах возможно крупных водных скоплений и перепадов.

Водные скопления и перепады осуществляются при посредстве больших плотин. Возле них группируются сооружения энергетического, мелиорационного, рыбопромышленного и пр. назначений, создающие в совокупности крупный водохозяйственный узел. Река в целом, подвергаясь такой озерной реконструкции, обращается в цепь больших озер, лежащих на различных уровнях и разъединенных сложными узлами сооружений.

§ 2. Гидрометеорологические изменения бассейна р. Волги после максимализации. В результате максимализации р. Волги, вместо водотока, со значительными колебаниями уровня от межени до половодья, появится ряд обширных глубоких озер, соединенных высокими перепадами, с мало изменяющимися уровнями и с устойчивыми границами зеркала воды. Скорости течения очень уменьшаются, и термические условия водных масс станут иными, чем были раньше.

Теплоемкость воды значительно превышает теплоемкость суши. Вода нагревается медленнее и медленнее остывает. Распространение тепла в озерах происходит по преимуществу благодаря вертикальным конвекционным течениям. Быстрого перемешивания слоев в озерах не происходит, в отличие от речных потоков. Озеровидные скопления максимализованной реки будут в известной мере

аккумулировать тепло в течение лета и отдавать его внаружу в холодное время года.

Взаимодействие обширных искусственных озер и окружающей атмосферы и суши будет иным, чем было при свободно текущей реке. Аккумулируемое в водных резервуарах тепло будет передаваться в атмосферу и согревать ее. Известное, порой существенное, влияние на термическое взаимодействие воды и суши окажет отражение тепла от воды. Процессы эти будут сложны. При спокойной поверхности воды отражение от нее подчиняется законам отражения от зеркал, при волнении присоединяется еще независящее от угла падения диффузное отражение.

Поверхностное испарение воды сильно возрастет с развитием озерности и будет увеличивать атмосферные запасы влаги, понижая вместе с тем расходы рек в их нижнем течении.

Чувствительная разница между нагреванием суши и озерных водоемов поведет к возникновению бризов, дующих с суши ночью и с озера днем, что повлечет за собой некоторое изменение ветреного режима. Последствием будет снижение дневной температуры и увлажнение воздуха близ поверхности земли, куда с озера будут доходить водяные пары.

При ветрах, дующих с берега и производящих отгон поверхностной нагревшейся от лучей солнца воды, — снизу будут выступать холодные воды, вызывая похолодание прибрежной воды.

При разностях температуры — в отдельных частях искусственных озер могут возникать полосы местных туманов, подобно тому, как это наблюдается на естественных озерах, где суда, входящие в их воды при всякой погоде, внезапно оказываются в окружении тумана, теряют видимость и должны ориентироваться при посредстве компаса и лага. Не исключена также возможность образования над некоторыми районами максимализованной реки сильных туманов.

Поздней осенью, при накоплении охлажденного воздуха в высоких береговых котловинах предвидится возможность образования воздухопадов большой силы, могущих неблагоприятно влиять на условия плавания судов у берегов. При упорных ветрах определенного направления и больших разгонах будет развиваться волнение. В известных условиях оно может достигать значительных размеров и предъявлять особые требования к судовым конструкциям. Попытки определить эти размеры заранее расчетным или интуитивным путем приводит для Большой Волги к величине до полутора метров, но их нельзя считать доказательными и можно ожидать в некоторых случаях волн больших амплитуд.

Сильное повышение уровней воды в реках должно повлечь за собой резкий подъем грунтовых вод и нарушение их режима. Влияние этих нарушений может распространиться на очень большие расстояния, вызывая заболачивание обширных пространств. С другой стороны, у новых берегов под действием волнения, течений грунтовых инфильтраций, льда и пр. возможны серьезные разрушения, борьба с коими может потребовать очень серьезных затрат.

Термические условия озер, более медленное их охлаждение и медленное нагревание, отразятся на ледовом режиме. Осенью ледостав будет запаздывать, но еще больше будет запаздывать весеннее вскрытие, так как ледяной покров будет задерживаться плотинами. Лед будет стоять дольше, чем до максимализации.

Озерная реконструкция р. Волги, необходимая для возможно полного энергетического использования этой реки и ее бассейна и других целей максимализации, повлечет за собой ухудшение ее зимнего режима с точки зрения интересов производства.

Количество образующегося льда возрастет; толщина ледяного покрова увеличится. Интенсивность и размеры ледовых скоплений станут больше. Ледостав ускорится, и вскрытие замедлится. Освобождение реки от льда затруднится, вследствие увеличения размеров ледяных полей и уменьшения скоростей течения. (Ср. формы ледовых образований на нынешней Волге и на Ладожском озере — фиг. 1, 2, 3, 4.) В общем, период навигации сократится за счет возрастания времени действия ледяного покрова.

§ 3. Взаимные противоречия интересов различных элементов комплексной проблемы максимализуемой реки и необходимость их компромиссной увязки. Изъясненные изменения гидрометеорологического характера оказывают неодинаковое влияние на разные элементы водного хозяйства, усугубляя в известной мере противоречия их интересов.

Столкновения интересов различных отраслей народного хозяйства, объединяемых в процессе максимализации реки, могут проявляться в разных, нередко резких формах. Для энергетики нужны возможно большие сосредоточенные падения и водные скопления. Однако, они не только не нужны за известными небольшими пределами для водного транспорта, но даже вредны.

Чрезмерно большие, с точки зрения интересов судоходства, перепады, являющиеся в результате озерной реконструкции рек, действительно представляют одно из неблагоприятных последствий для транспорта. Отыскание наиболее целесообразного решения вопроса о типе соответственных сооружений затрудняется необходимостью сочетать переменные местные условия с стремлением к стандартизации флота. Каков должен быть нормальный тип судна для сети внутренних водных магистралей максимализованного типа? Какова должна быть нормальная тяга? На эти вопросы в порядке предварительных решений предлагались разными исследователями не одинаковые ответы. Большинство сходилось, однако, в том, что за известными пределами максимализации остаться при старом флоте нельзя. Этого не допускают ни технические, ни экономические условия реконструированных путей. Но, с другой стороны, внутренний водный транспорт должен стремиться к сохранению своего нынешнего речного характера и отнюдь не переходить на озерность и даже полуозерность. Поэтому должны быть положены пределы максимализации недопущением подпоров, бо́льших некоторой еще безопасной для речного флота величины,

Фиг. 1. Землесос на зимовке у Саратова во льдах.

Фиг. 2. Ледоход у г. Горького.

или же внутри новых озерных плесов должны быть образованы защищенные от сильного волнения судовые ходы.

Вопросы тяги также не представляются еще вполне ясными. На свободной реке они были просты, допуская разнообразие решений в зависимости от судов, грузов и пр. Самодвижущиеся суда отлично уживались с буксирными возами разных составов и с плотоходством. Буксирные пароходы шли со своим возом на весь рейс или значительную его часть. Можно было устанавливать буксирную тягу по плёсам по усмотрению для одних судов и не устанавливать для других. Словом, судоходство имело свободу и могло применять ее для своих интересов в очень широких пределах.

Максимализация кладет этой свободе резкие пределы в виде плотин с шлюзными камерами вполне ограниченных размеров. При этом, в частности, ставится предел величине и составу буксирного воза. На этой почве обостряется вопрос о том, должны ли шлюзоваться и буксирные пароходы, или же буксирную тягу следует организовать по-плёсно, применяя для провода барж через шлюзы особые механизмы или специальные местные вспомогательные буксирные пароходы малых размеров.

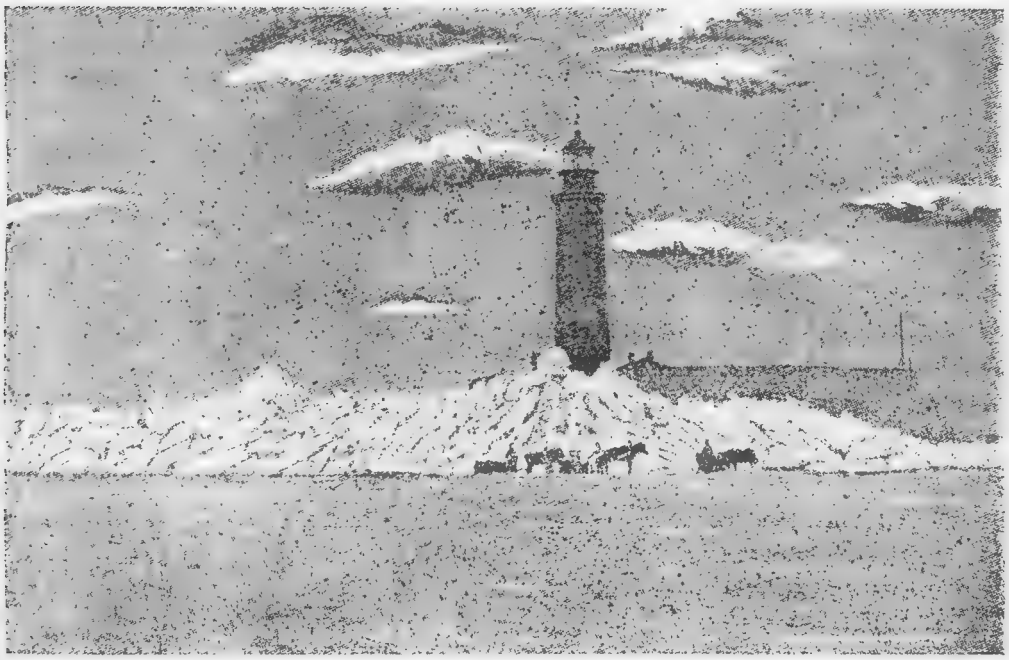
Суждения разных исследователей по вопросу о лесосплаве после максимализации также не вполне совпадают, но в основном предусматривается коренное изменение современных условий. Самосплав станет невозможным или очень ограниченным во времени. Потребуется буксировка плотов. Опасность плавания на больших, глубоких, подверженных бурям и туманам водных пространствах максимализованных рек будет значительнее, чем раньше. Аварии, столкновения, пожары могут иметь здесь гораздо большие последствия для людей, судов и грузов. В соответствии с этим должны быть усилены сигнализации, конструкционные меры безопасности и охраны труда на судах, сигнализация судовой службы, организация спасания на водах и т. д. Усиление должно итти в направлении требований, предъявляемых в морском судоходстве и в той степени, какая будет соответствовать специальным условиям данного участка максимализованной реки.

Сигнализация фарватеров должна с максимализацией рек войти в совсем новую фазу. Не будет более межени и необходимости обстановки большого числа перекатов. Не будет весенних разливов, требующих указаний безопасных ходов у берегов. Будут мало изменяющиеся по уровням плёсы с глубинами, растущими в направлении течения от некоторого судоходного минимума до предела, совсем не нужного судоходству. Судоходная обстановка может и должна стать постоянной, не зависящей от ледовых явлений на реке и способной правильно функционировать при всяких гидрометеорологических условиях.

Максимализация рек, нисколько не уменьшая потребности в портах внутреннего судоходства, а, напротив, ее увеличивая, вносит в это дело ряд серьезных усложнений.

Новейшие исследователи портового вопроса подчеркивают прежде всего необходимость «портов убежищ», где суда, особенно не паровые,

Фиг. 3. Ледоход у г. Сормова на Волге.



Фиг. 4. Ледовые нагромождения у маяка Сухо на Ладожском озере.

могли бы останавливаться во время бурь, которых по преимуществу следует ожидать во вторую половину навигации. Это требование новое. До сих пор убежища требовалось для защиты от ледохода зимующего флота, теперь они нужны в течение всей навигации максимализованной реки.

До сих пор, как общее правило, на реках не возникал вопрос о защите портов от волнения. Теперь будет ряд случаев, когда такие вопросы возникнут. Решение их будет не легко, как и вообще решение всех вопросов внутреннего портостроения на максимализованных реках.

Отметив неблагоприятное влияние максимализации на судоходство и плотоходство, следует указать, что вместе с тем озерность создает факторы благоприятного характера и для транспорта. Таковы: постоянство значительных глубин, постоянство уровней, отсутствие стихийного ледохода.

Большие скопления воды в резервуарах-озерах, необходимые для энергетики и орошения, важны также как мера борьбы с наводнениями и могут быть ценны для местного рыбоводства. Но нужные для их создания плотины задерживают движение вверх по рекам морских рыб, а поддерживаемые непрерывно на высоких уровнях речные воды уничтожают пастбища мальков или меняют характер этих пастбищ.

Такие взаимные противоречия многочисленны, и полный учет их, если и возможен, то лишь на основе точного знания всех обстоятельств каждого отдельного случая. Он требует, кроме того, общего освоения обширного ряда гидрометеорологических последствий реконструкции реки в данных условиях. Но такое положение дела не может влиять на общий ход процесса максимализации главнейших рек СССР и в том числе р. Волги, как вполне отвечающего логической и ясно сознанной необходимости наивысшего народно-хозяйственного использования заключающихся в них возможностей.

Доминирующее значение в этой сложной проблеме принадлежит энергетике и в некоторых случаях мелиорации, т. е. той стороне реконструкции, которая требует возможно больших водных падений и водных скоплений. Остальные отрасли водного хозяйства должны приспособляться к этим основным требованиям энергетики. Наилучшие формы этого приспособления надо искать и теоретически и практически при посредстве рационально поставленных общих и специальных исследований и на основе конкретного плана максимализационных мероприятий данного гидрологического района, охватывающего собой использование получаемых этим районом вод для разных нужд. План должен обеспечивать притом возможность рациональной очередности выполнения отдельных мероприятий, при коей осуществленные ранее в интересах одних сторон народного хозяйства не затруднили бы впоследствии осуществление к рациональному использованию других.

При исследованиях указанного порядка необходимо принимать во внимание соответственный национальный опыт отдельных стран и суждения мирового значения международных организаций. Значение таких данных может быть показано на частном случае их использо-

вания в вопросе о зимнем режиме реконструированной реки Волги, составляющем основную задачу настоящего доклада.

§ 4. Меры к удлинению навигационного периода, применяемые на замерзающих реках и озерах Северной Америки. Стремление к удлинению зимней навигации по водным путям в настоящее время находит практические средства осуществления на довольно значительном числе рек Европы и Америки. Для новых условий реконструированной Волги особый интерес представляет борьба со льдами в бассейне р. Св. Лаврентия и Великих Озер, вследствие суровости гидрометеорологических условий этих районов и выявившихся здесь практических возможностей в отношении удлинения периода зимней навигации. Климат большей части Северной Америки является как бы результатом борьбы между леденящим дыханием Ледовитого океана и Гудзонова залива, с одной стороны, знойным влажным влиянием Мексиканского залива, с другой, и воздействием высокой кордильерной страны с разреженным сухим воздухом, с третьей. Этим противоречащим друг другу влияниям предоставлен широкий простор на громадном пространстве равнин Северной Америки. В силу этого каждое изменение погоды быстро принимает крупные размеры, но также быстро наступает и известное равновесие.

Бассейн р. Св. Лаврентия охватывает собою всю северовосточную часть Северной Америки и заключает в себе группу важнейших пресноводных скоплений земного шара. Система этих озер (Верхнее, Мичиган, Гурон, Ири и Онтарио), связанных между собою протоками, отчасти обязана своим происхождением ледниковому периоду, но, главным образом, произошла от тектонических впадин земной коры. Имеются указания на процессы разрушения, под действием воды, пород, слагающих дно озер, процессы, продолжающиеся и ныне. Общая площадь Великих Озер 246 тыс. км^2 — превосходит поверхность Великобритании. Наибольшая глубина озер 308 м (оз. Верхнее). Дно озер опускается ниже уровня моря — Онтарио на 152 м, Верхнее на 125 м. Возвышение уровней озер над морем весьма различно: Онтарио — 73 м, Ири — 171 м, Гурон и Мичиган — 177 м, Верхнее — 183 м. Разность уровней между Ири и Онтарио обуславливает существование Ниагарского водопада. Под р. Св. Лаврентия разумеется исток из нижнего озера — Онтарио, несущего воды всего бассейна в залив Св. Лаврентия и в океан.

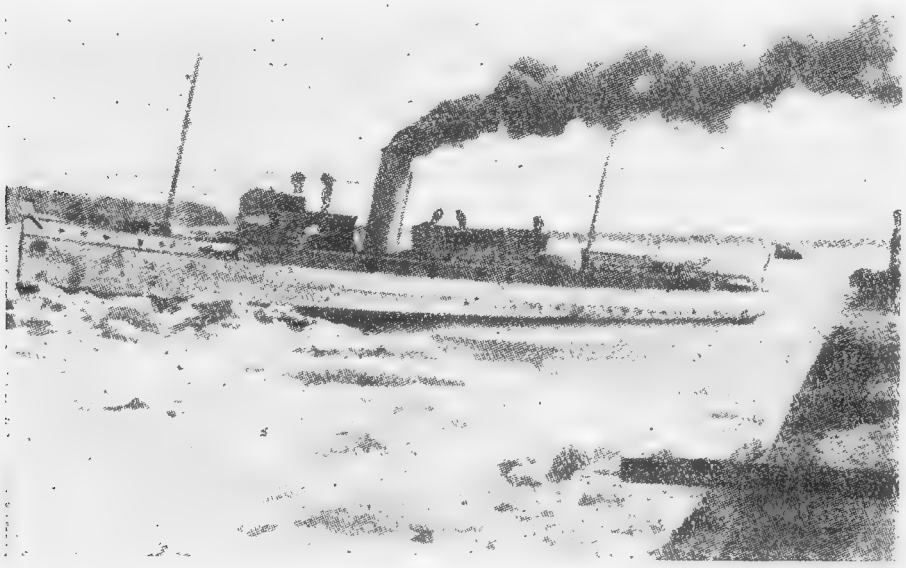
Озера играют роль регулирующего и отстойного бассейна, благодаря чему расход воды р. Св. Лаврентия замечательно равномерен и вода очень чиста. Предельное колебание уровня в оз. Онтарио — 1.32 м, а обычное годовое значительно меньше. Максимум расхода реки — 8500 м^3, минимум при ледовых зажорах — 5250 м. Из общего падения в 63.9 м — 67 м приходится на верхний, частью порожистый, участок. Падение это сосредоточено в немногих местах, между которыми находятся большие протяжения с глубинами и скоростями, вполне удовлетворяющими нынешнее судоходство.

Нижний участок реки, прилегающий к морю, имеет ясно выраженный приливной характер. Г. Монреаль (Монтриоль), находящийся

на расстоянии 1000 км от океана, является конечным пунктом, благодаря крупным землечерпательным работам, произведенным на подходах к этому пункту.

В настоящее время разработан обширный проект проведения морского пути длиной более $3^1/_2$ тыс. км через все озера до г. Дулута на Верхнем Озере, связанный с широким использованием энергетических ресурсов бассейна.[1]

В Соединенных Штатах и Канаде считают доказанным, что подо льдом вода имеет температуру, лишь весьма мало превосходящую тем-



Фиг. 5. Ледокол «Леди Грэй» расчищающий весной подход к г. Монреалю на р. св. Лаврентия (Канада).

пературу замерзания, и что небольшой поверхностный слой воды с температурой на несколько сотых градуса выше нуля достаточен, чтобы предупредить образование льда. Законы его образования полагают должным образом освещенными трудами проф. Х. Т. Барнеса из Монреаля (Канада).[2]

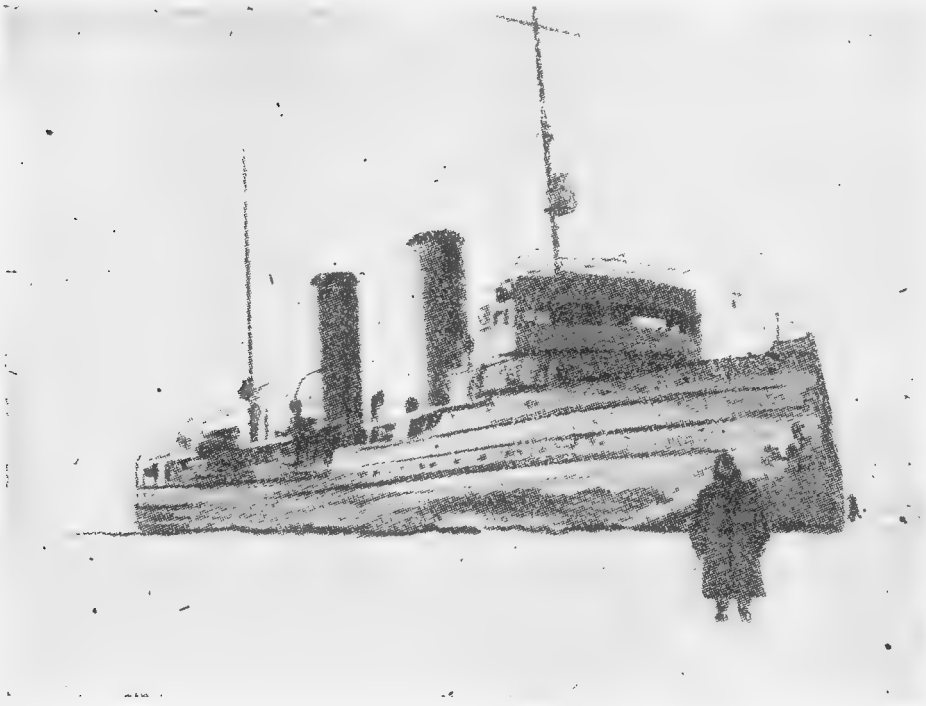
Наиболее действительным практическим средством борьбы с замерзанием водных путей признается работа пароходов-ледоколов (фиг. 5, 6, 7, 8, 9, 10) и применение ледоходных паромов.[3] Наличие течения в воде, покрытой льдом, является благоприятным фактором для действия упомянутых снарядов, так как течение уносит взломанные льдины. В дополнение к работе ледоколов, в виде местных мер, принимается еще оттаивание льда у сооружений и взрывные работы на коротких участках на фарватерах или в зажорах.

[1] Shehenen, C. E. The St. Lawrence Waterway to the Sea. Trans. Amer. Soc. C. E. Paper, No. 1680, t. 89, 1225 и др.

[2] H. Barnes. Ice Engineering, 1929 (русский перевод под редакцией и с примечаниями автора настоящего доклада находится в печати).

[3] F. M. Williams et F. P. Williams. Mesures prises en vue de réduire les périodes de chomage. Rapport au XIV-me congrès de navigation (см. также в этом отношении вышеупомянутый труд Барнеса).

Фиг. 6. Ледоход «Монткальм», расчищающий ход во льдах озера св. Петра.



Фиг. 7. Ледоход канадского правительства «Mikula» наибольший из американских ледоколов. Работает на р. Св. Лаврентия (нижнее течение и на подходах).

На р. Св. Лаврентия толщина ледяного покрова достигает 1.5—2 м, причем образуются ледяные зажоры, вызывающие серьезные наводнения и причиняющие большие убытки. С 1908 г. введена ледокольная служба на р. Св. Лаврентия, прекратившая наводнения и удлинившая навигацию, которая, например, в Монреале прекращалась бы в естественных условиях с 14 декабря по 1 мая, т. е. на срок около

$4^1/_2$ месяцев. Теперь навигация начинается раньше и оканчивается позднее, чем до применения ледоколов. Для этой цели служат два сильных ледокола, из которых новейший имеет 8000 индикаторных л. с. Они начинают работу с 1 марта и поддерживают судовой ход выше Квебека на протяжении около 100 км, уничтожая в то же время зажоры, могущие вызвать наводнения. Порт Монреаль обслуживается особым ледоколом, открывающим его на две недели раньше естественного срока.

Фиг. 8. Ручные работы по освобождению ледокола «Стэнлей».

На Великих озерах продолжительность перерыва навигации для транзита зависела от времени открытия и закрытия канала на р. Св. Марии. Канал этот шлюзован, и маневры с воротами при низких температурах представляют большие затруднения. Мерами по искусственному плавлению льда вблизи ворот удавалось удлинять работу шлюзов на один месяц по сравнению с прежним временем, когда такие меры не принимались. Достигнуть полной непрерывности судоходства через шлюзы, однако не удалось, так как при очень низких температурах не только является опасность для судов и экипажей их, но чрезвычайно трудно поддерживать ворота в состоянии удовлетворительной маневрируемости. Нормальный срок официального прекращения навигации 14 декабря. Плавление льда у ворот производится посредством пара и иногда горячей воды, подаваемых с буксирного парохода, а при его отсутствии от постоянных котлов, установленных на головах шлюзов, силой в 12 HP каждый.

На самих озерах местная навигация вполне не прекращается. Она производится по определенным довольно многочисленным направлениям, при посредстве паровых паромов ледокольного типа, перевозящих железнодорожные вагоны, автомобили и пр. Некоторые из них имеют очень значительные размеры, например, на оз. Онтарио — свыше 5000 т водоизмещения. Для движения обыкновенных судов перерывы навигации на Великих Озерах вызываются замерзанием портов, где срок перерыва прекращается применением ледоколов в большей или меньшей степени в зависимости от местных условий. Так, на Верхнем Озере, в портах Форт Виллиамс и Порт-Гурон ледоколы начинают свою работу в начале апреля и в две-три недели открывают ход к не замерзающим водам озера. Осенью они работают, примерно, с 15 ноября по 15—24 декабря, пока не уйдет последнее судно (фиг. 11, 12, 13).

Фиг. 9. Работы по освобождению ледокола «Montcalm» действием циркуляционной воды.

Фиг. 10. Образование прохода в ледяном «паке» (Нортумберландский пролив).

На р. Миссисипии выше впадения р. Огайо, навигация прекращается из-за льда в январе и феврале и искусственно не удлиняется, вследствие незначительности судоходства. Ниже устья Огайо лед не является препятствием для судового движения.

На р. Огайо перерывы навигации зимой не превосходят семи дней в среднем, а на составляющих ее реках — Аллегели и Мононгахеле 55 дней для первой и 14 для второй, в среднем в год.

Нью-Йоркский государственный баржевой канал, соединяющий Великие Озера с р. Гудзоном, замерзает ежегодно; средняя продолжи-

Фиг. 11. Ледокол «James Whalen» работающий на Верхнем озере (буксир для поддержания подходов к портам «Fort William» и «Port Arthur») (имеет бетонную обшивку в 4′, ломает лед до 40″; работа сдельная 50000 долл. за навигацию).

тельность навигации, при малых колебаниях крайних величин, составляет в нем 219 дней в году, хотя он лежит под 43° с. ш. Навигация прекращается официально 1 декабря, но если есть застрявшие во льду суда, то им помогают выйти при посредстве мобилизации больших буксиров. Оз. Ири у западного устья канала открыто в среднем в течение 247 дней, а р. Гудзон у восточного устья — 269 дней в году; в виде редкого исключения, последняя река иногда не замерзает. Серьезным мерам по удлинению зимней навигации на канале препятствует лишь отношение к плаванию во льдах страховых обществ. Они отказывают в страховке от аварий во льде, не считая суда достаточно прочными для такого риска и меры по очистке канала от льда достигающими условий безопасности плавания.

Взрывчатые вещества, каковы динамит, пироксилин и пр., применяются на водах Северной Америки лишь для разрушения местных очень крупных скоплений льда, по преимуществу препятствующих стоку и угрожающих наводнениями или повреждением сооружений.

§ 5. Намечаемые или изучаемые в Северной Америке меры борьбы с ледяным покровом в целях удлинения навига-

ционного периода. Наряду с прочно установившимся в Северной Америке применением ледоколов и ледокольных паромов для удлинения зимней навигации выдвигаются и некоторые другие. Большое

Фиг. 12. Последний пароход перед прекращением навигации в «Порт-Артуре» на верхнем озере (Канада).

значение придается прежде всего урегулированию зимнего стока реки. «На реке Св. Лаврентия, — говорит Барнес, — фактически существует две реки. Одна из них несет 75—80% расхода, идя по глубокому руслу

Фиг. 13. Весеннее открытие навигации в «Порт-Артуре» на верхнем озере (Канада) и выход каравана судов через ледяные поля за ледоколом «Whalen».

при скорости течения от 1.5—10 футов в секунду, а другая протекает неправильно между островами, заливами и мелями, примыкая в различных пунктах к главному течению. Именно эта «вторая» река и вызывает все серьезные и нежелательные ледовые явления. Давно уже стало известно, что главное течение реки Св. Лаврентия оставалось бы совершенно свободным от льда между Прескоттом и приморским ливным участком, если бы не было расширений водной

поверхности в виде озер и больших мелких заливов. Несколько лет тому назад указывалось, что если бы можно было канализировать озера и заградить заливы при помощи соответствующих дамб, то река никогда не замерзала бы. В результате этих исследований мы можем пойти еще дальше и сказать с уверенностью, что очень небольшие работы в верховьях реки между Прескоттом и оз. Онтарио дали бы возможность озерной воде стекать по главному руслу с большой скоростью и при настолько повышенной температуре, что в нем вообще не возникало бы льда и лед вскрывал бы лишь «вторую реку», где его можно было бы удерживать на месте вплоть до таяния снегов».

Фиг. 14. Укладка термитного снаряда на льду р. Аллегени в США.

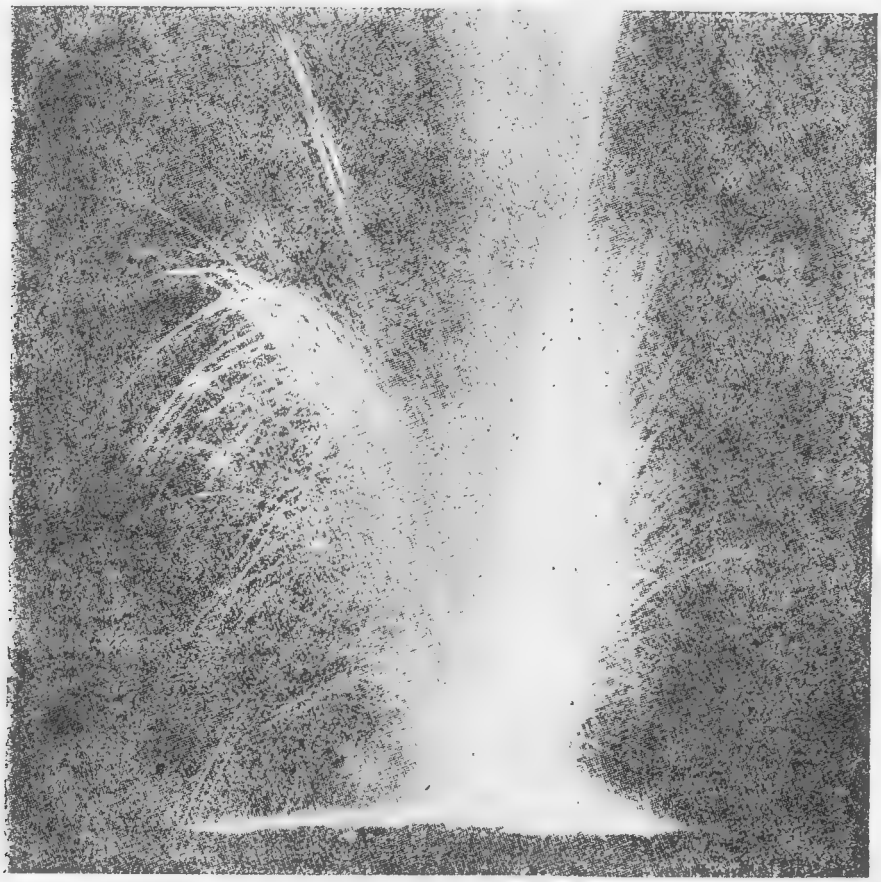
Применение взрывчатых веществ может иметь только местное и ограниченное действие и значение их с навигационной точки зрения не может быть велико. То же указание должно быть отнесено, повидимому, и к новому средству термиту, о коем Барнес говорит: «Тепло, развиваемое реакцией термита, настолько сильно и содержащая таковое масса расплавленного железа светит так ярко, что на нее нельзя смотреть без темных очков. В несколько секунд возникает температура в 2500—3500° С. Количество единиц тепла, находящихся в англ. фунте вещества, доходит лишь до 1500 и оно многим ниже, чем у угля, но развиваемая температура так высока, что это малое количество тепла весьма действительно в борьбе со льдом. Затем энергетическая отдача реакции, хотя небольшая по сравнению с углем, все же достаточна, чтобы дать мощный поток энергии в течение значительного времени. Энергия, доставляемая при столь высокой температуре, гораздо эффективнее, чем получаемая от иного, более сильных источников тепла при низкой температуре, напр., от пара или сжигаемого угля (фиг. 14, 15, 16, 17, 18, 19).

Фиг. 15. Укладка термита на р. Св. Лаврентия в металлическом сосуде (термит — смесь порошка аллюминия и окиси железа—дает 2500—3500 t°.

Фиг. 16. Взрыв 90 англ. ф. термита 13 III 1925 у «Chimney Island» (река Св. Лаврентия).

«Как только расплавленное железо приходит в непосредственное соприкосновение со льдом или водой, возникает вторичная реакция, разлагающая H_2O на кислород и водород.

«Кислород соединяется с железом, образуя снова окись, а водород освобождается и сгорает с кислородом воздуха. Возникает такое развитие газа, что происходит медленный взрыв, который, как выяс-

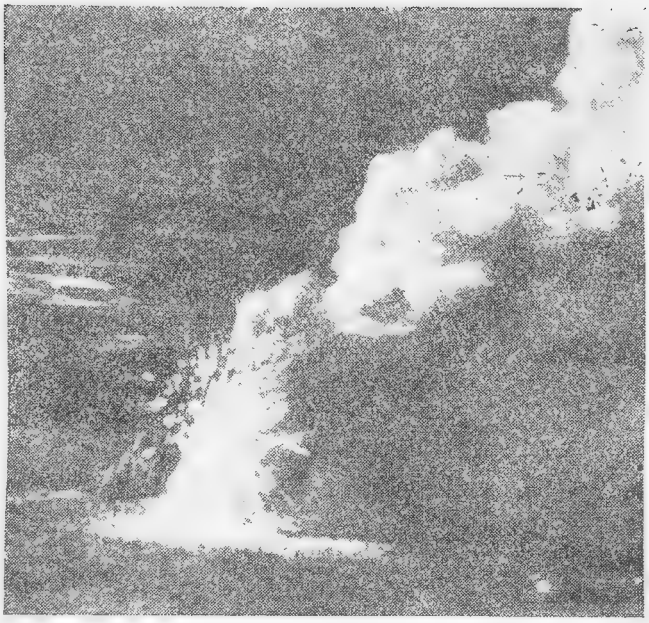


Фиг. 17. Горящий и взрывающийся под действием термита лед.

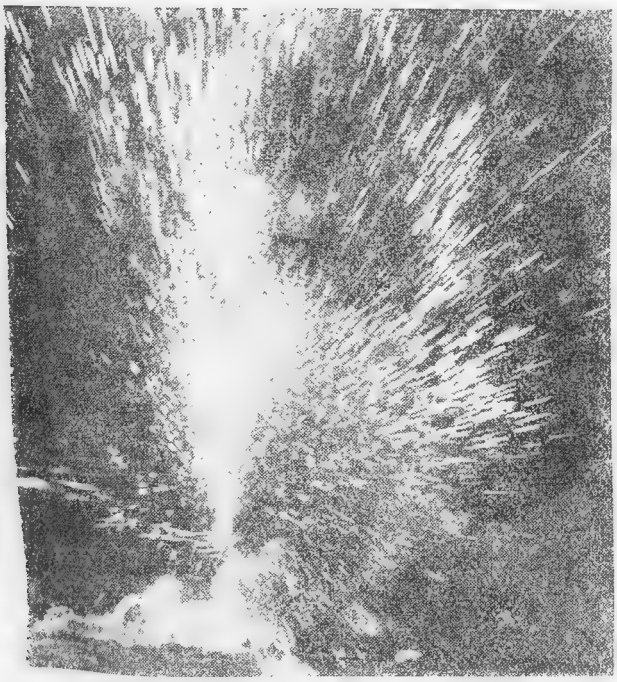
нено, в высшей степени эффективен для разрыхления и расщепления ледяных масс. Хорошо известно, как пар разлагается на H и O, проходя над раскаленным докрасна железом и дает удобный способ приготовления водородного газа. Первый делает тоже с водой или льдом благодаря своей очень высокой температуре, и дает два очень важные средства для борьбы со льдом — тепло и взрыв. Реакция вызывает мало шума или совсем не вызывает никакого, и специалисты считают, что она является самым медленным из всех известных взрывов. В виду этого, она не может повредить мостовых быков, или иных сооружений находящихся в непосредственном соприкосновении со взрывающимся термитом, и применение его никогда не вредило рыбе в реках и озерах, где им пользовались.

«При борьбе со льдом в густо населенной местности, термит не связан с какими-либо опасностями или неприятностями для насе-

ления. Нет сильных детонаций, от которых лопались бы стекла, и сам по себе термит совершенно не взрывается, а поэтому безопасен для манипуляции и перевозки. Не следует придавать значения количеству льда, фактически расплавленному термитом, ибо освобожденное тепло незначительно в сравнении с теплотой плавления льда. Важно тут выделение энергии в проникающем тепловом луче, которая преодолевает чрезвычайно незначительные температурные явления в воде, являющиеся причиной вызываемых льдом затруднений и неприятностей. Можно видеть, как термитовые мины тлеют под массами воды и льда в несколько футов, что доказывает проникающую силу излучения. При зажигании снаряд сверкает интенсивно белым светом внутри льда в течение нескольких секунд до взрыва, что показывает, с какою мощностью лучи проходят сквозь лед, вся глыба кажется накаленной до бела. Перед взрывом лед становится очень фосфорицируемым. Медленная киносъемка реакцииказывает, что непосредственно перед разбрасыванием льда с его поверхности идет пар. Без сомнения, во льду возникают температурные напряжения, особенно при сильном холоде, и таковыми объясняется сильное трещание, происходящее в айсберге в течение нескольких часов после применения к нему термитовой мины. Такая гора дает наилучший пример дей-



Фиг. 18. Блок сухого льда (углекислота) горящий под действием термита.



Фиг. 19. Блок сухого льда (углекислота) взрывается под действием повторного применения термита

ствия напряжения, ибо она является самой большой массой сплошного твердого льда, над которой можно производить опыты».

Дальнейшие подробности о результатах действия термита на реках США и в Канаде можно найти в упомянутом источнике.

У нас практическое исследование этого приема борьбы с ледовыми затруднениями еще оставляет себя ждать.

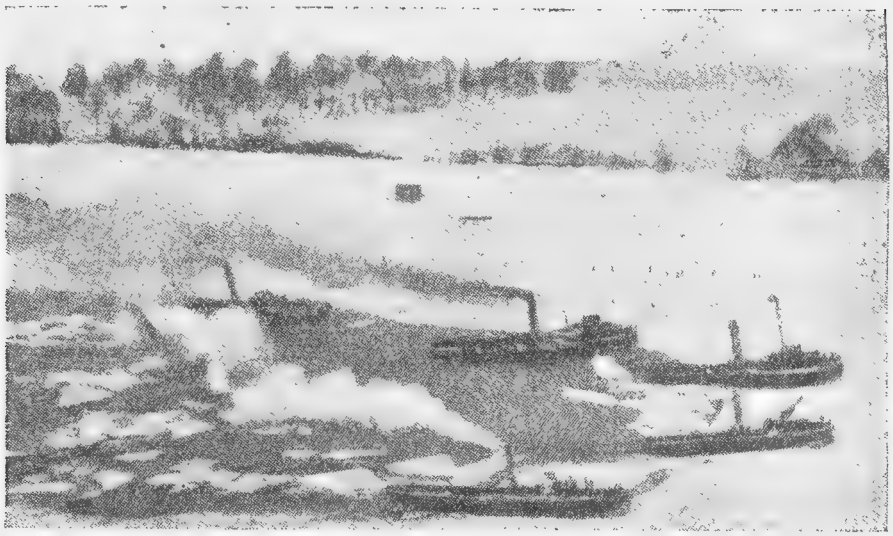
То же следует сказать и об использовании хлористого кальция поваренной соли и некоторых сыпучих материалов с целью образования на ледяном покрове борозд, линий ослабления и тем способ-

Фиг. 20. Река Эльба зимой у Гитцакера (толщина льда до 60 см и торосов до 3.8 м).

ствования более легкому и правильному удалению льда. Повидимому эти приемы могут противополагаться продалбливанию в ледяном покрове борозд механическим путем. Рентабельность перехода у нас к химическим средствам может быть установлена лишь опытами, подобно сделанным Барнесом в Америке и описанным в его труде. Такие опыты должны войти в программу ледовых исследований Большой Волги, связанных с вопросом об удлинении зимней навигации.

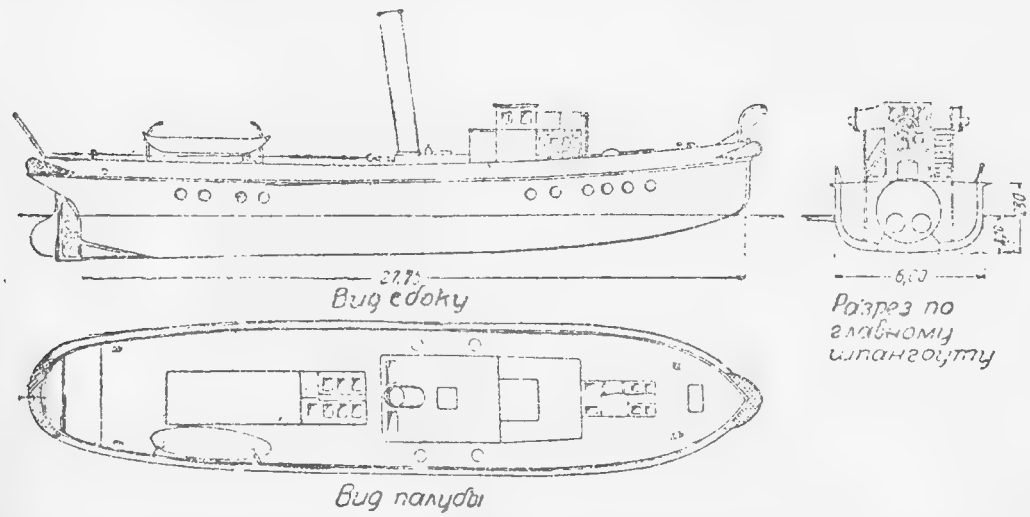
§ 6. Меры к удлинению навигационного периода, применяемые на замерзающих реках Германии. Замечательным изобретением русского судовладельца Бритнева — пароходом ледоколом — воспользовались в Германии раньше, чем в других странах. Германские реки и их устьевые лиманы покрываются льдом толщиной до 60 см. От этого страдают судоходство и другие отрасли народного хозяйства. Зажоры и заторы льда вызывают нередко наводнения. Высокие воды прорывают береговые защитные валы и затопляют ценные земельные угодья. Происходят настоящие катастрофы, сопровождаемые крупными убытками (фиг. 20, 21, 22, 23, 24). Борьба со льдом долго велась при помощи ручного пропиливания и взрывчатых веществ.

С 1871 г. появились на р. Эльбе в районе Гамбурга первые ледокольные пароходы.



Фиг. 21. Работа ледоколов на р. Эльбе (ледокольный флот выше Гамбурга состоит из 10 ледоколов, длиной 18—27.75 м шириной 5—7 м и осадкой до 2.2 м и одного угольщика).

На верхней Эльбе, Одере, Висле и др. крупных реках ледокольная служба утвердилась с 80-х гг. XIX в. [1] Теперь на ряде рек Германии есть правильно организованные ледокольные флотилии, дей-



Фиг. 22—24. План боковой вид и разрез Эльбинского ледокола длиной 27.75 м.

ствующие по тщательно разработанному плану (фиг. 21). На нижней Эльбе, например, имеется десять ледоколов, сопровождаемых во время кампании специальным угольщиком. Размеры ледоколов: длина 18—27 м, ширина 5—7 м, осадка 2.2 м (фиг. 22—24). Задача ледоколь-

[1] Sympher (под редакцией). Die Wasserwirtschaft Deutschlands. 1929.

ных работ — разрушение ледяного покрова и приведение его к такому состоянию, при котором речное течение может уносить льдины без затруднений. Ледоколы, в числе нескольких, работают обычно развернутым фронтом, поддерживая друг друга и стремясь, по возможности, вскрыть ледяной покров по всей ширине реки (фиг. 21). Успех в большой мере зависит от своевременного начала работы и систематического ее ведения. Нужно предупреждать образование крупных скоплений льда и удалять ледяной покров прежде, чем он создаст прочные барьеры.

При наличии достаточного числа ледоколов и их надлежащей мощности, а равно при рациональной постановке ледокольной службы, других методов борьбы со льдом в интересах судоходства в Германии не требуется. Но на реках, где ледоколов мало, или они слабы, или в их использовании происходят недочеты и допускается образование крупных скоплений льда, еще приходится иногда прибегать в экстренных случаях к помощи взрывных работ.

§ 7. Суждения Международной ассоциации судоходных конгрессов о мерах удлинения навигации на замерзающих внутренних водных путях. Вопросу о зимних перерывах судоходства на внутренних водных путях вследствие ледовых явлений и о мерах борьбы с ними посвящено было значительное внимание Международной ассоциацией судоходных конгрессов, особенно XIV конгрессом.[1] Остановившись прежде всего на выяснении значения в этой области пароходов-ледоколов и подтвердив ряд данных и соображений, относящихся к этому предмету (см. §§ 5 и 6), конгресс в заслушанных им докладах и высказанных суждениях остановился и на других сторонах вопроса.

На каналах и шлюзованных реках, подверженных замерзанию, и имеющих разборные плотины, продолжительность действительной навигации зависит от времени, нужного для уборки плотин. В этом отношении полезное значение имеют конструкции, не требующие уборки заблаговременно перед появлением льда.

Заслуживает внимания также указание на связь между обстановкой фарватера и замерзанием. Объекты плавучей обстановки обыкновенно также убираются заблаговременно, чтобы они не были унесены льдом. Для возможно лучшего использования периода навигации нужно в конце его заменять ценные буи вехами и оставлять последние замерзать.

Существенно значение для правильного использования навигационного периода надлежаще поставленных предсказаний времени замерзания, вскрытия и прочих влияющих на продолжительность навигации факторов, что было выявлено в докладе В. Г. Глушкова.

Основные мысли его по данному вопросу таковы:

а) время зимнего простоя судов может быть сокращено, и навигация может быть удлинена, если судоходцы будут хорошо оповещены об ожидаемом времени вскрытия и замерзания рек и каналов.

[1] См. В. Е. Тимонов. Задачи гидрометеорологии на XIV Международном судоходном конгрессе, бывшем в Капри в 1925 году. Изв. Центр. Гидрометеоролог. бюро, вып. VIII, 1929 г., Ленинград.

б) предсказания времени вскрытия и замерзания, а также размеров зажоров, появления донного льда имеют существенное значение для эксплоатации водных путей.

в) при этих предсказаниях, согласно опыта Государственного Гидрологического института, необходимо иметь предсказания для переходных сезонов общего характера погоды и знать гидрологические условия рек, главным образом, относительную многоводность и температуру воды.

Генеральный докладчик П. Парментье представил конгрессу по вопросу о сохранении продолжительности перерывов судоходства на внутренних водных путях проект заключения, который и был принят с некоторыми дополнениями. Из последних наиболее существенное было предложено автором настоящего изложения, как представителем СССР. Оно основывалось на значении правильного распределения зимовочных портов для длинных водных путей, каковыми являются многие реки СССР и некоторые Западной Европы и Америки, если они замерзают. Иногда эти порты распределены так, что совпадают с пунктами, куда определенные группы судов стремятся для зимовки, и навигация может быть длиннее, чем при ином распределении, требующем, чтобы судно, исполняющее последний грузовой рейс, сделало еще значительный пробег к месту своего зимнего пребывания.

Это указание вошло в заключение XIV конгресса.

Заключение конгресса в части его, связанной с вопросами замерзания вод, гласит:

«Предсказание вероятных сроков замерзания и вскрытия рек и каналов, а, равно, предвидение образования зажоров и тонкого льда имеет большое значение, так как позволяет лучше использовать период навигации. В целях увеличения этого использования желательно производство полных наблюдений и глубоких исследований метеорологического характера, чтобы поднять степень достоверности предсказания.

«Во время замерзания часто возможно восстановить движение применением специальных ледоколов или ледокольно-оборудованных транспортных судов. Ледокольные устройства, имеющие целью разламывание льда посредством вползания на него ледокола или путем приподнимания ледяного слоя, предпочтительнее приема пропарывания ледяного покрова с отбрасыванием льда в сторону.

«Очень благоприятные результаты получились при применении переднего винта, движение коего вызывает разрушение ледяного покрова.

«Взрывчатые вещества применялись с успехом, преимущественно на коротких участках и при большой толщине льда.

«Оттаивание льда посредством местного нагревания оказывает услугу, когда требуется разрушить большие льдины или освободить из льда замерзшие суда или освободить судоходное устройство, как, например, шлюзные ворота.

«В некоторых случаях вдувание в воду сжатого воздуха позволяет замедлить замерзание.

«С другой стороны, при выборе типов судоходных сооружений вообще и специально плотин, следует иметь в виду легкость управления ими при замерзании, чтобы не быть вынужденным убирать их ранее крайнего срока.

«Желательна разумная организация страхового дела на водных путях, чтобы предохранять суда от аварийного риска от льда. Должны быть приняты меры, чтобы регламентировать судоходство в критические периоды замерзания и вскрытия и тем облегчить страховым обществам гарантию риска.

«Рациональное распределение зимовочных портов на реке, подверженной ледоходу, может в значительной степени уменьшить продолжительность перерывов навигации.»

§ 8. Последствия для судоходства максимализационной реконструкции Волги. Приведенные выше (§ 2) данные и соображения не оставляют сомнения, что переустройство Волги в ряд очень больших по площади глубоководных плёсов, необходимых для возможно полного энергетического использования этой реки и ее бассейна, должно повлечь за собой ухудшение ее зимнего режима с точки зрения интересов судоходства. Степень этого ухудшения пока еще не выяснена в достаточной мере ни теоретиками, ни практиками, работающими в данной области.

В общем, период навигации сократится за счет возрастания времени действия ледяного покрова. Количественные величины сокращения навигационного периода, под влиянием указанных причин, будут неодинаковы для разных плёсов и разных годов, но они будут существенны, а в некоторых отдельных местах и в особо неблагоприятные годы — и велики.

По мнению Д. С. Артамонова, имевшего личный опыт в судовождении на р. Волге,[1] «устройство плотин (озерность речного русла) может вызвать сокращение навигационного времени особенно весною (согласно расчетам Наркомвода) на Средней Волге на 10 дней, а на Нижней — 2 дня. Это возможно в тех случаях, когда огромной величины льдины не найдут себе выхода через плотину и должны будут стоять на месте. Водники, работающие на больших озерах, знают эти условия.

«Условия же судоходства требуют обратного явления, ибо увеличение времени плавания по сравнению с естественными, природными условиями есть один из показателей технической вооруженности речного транспорта. В том, что навигацию можно (главным образом осенью) искусственно продолжать на продолжительное время, сомнений быть не может; для этого требуются также технические средства (ледоколы), которые, преодолевая отрицательные действия естественных условий (льда), давали бы возможность безопасного движения судов. Что это вполне возможно и в условиях волжского ледового режима реки, подтверждается фактом работы парохода

[1] См. его статью «Гидростанция на Волге и волжское судоходство» (Водный Транспорт, № 5 1932).

«Саратовский ледокол», который более 30 лет свободно поддерживает сообщение через р. Волгу у ж. д. станции Увек в самые суровые зимы. Главным препятствием работы ледоколов на Волге было то, что поздней осенью и зимой не было достаточных глубин, которые требуются для плавания с осадкой ледокола... Эти препятствия исчезнут, и навигация в районе подпора, с помощью ледоколов, может быть значительно удлинена или возможное ее сокращение от льда парализировано».

Систематическое изученне этих отрицательных условий в зависимости от гидрометеорологических, топографических и строительных факторов должно обязательно производиться теперь наряду с составлением проектов сооружения Большой Волги, требующих озеризации данной реки, чтобы могли быть введены в проекты и сметы некоторые устройства и своевременно сделаны заказы специальных судов и пр., которые могут в совокупности смягчить для судоходства последствия ухудшения зимнего режима.

Некоторые специальные навигационные вопросы зимнего режима реконструированной Волги возникли в 1931 г., когда имелся в виду один Волгострой, и понятие о Большой Волге еще не определилось. Плотина намечалась в пределах Самарской луки. Предполагался деривационный канал через перешеек. В конце канала должна была быть гидростанция и судоходные шлюзы. В одном из вариантов при плотине должен был быть судоходный шлюз местного назначения и плотоход.

Во весь рост вставала неопределенность условий плавания судов и плотов по подпертому плотиной обширному глубоководному бьефу.

Правильное проектирование сооружений было затруднительно без предварительного освещения названных вопросов, что вызвало обсуждение их в Научно-исследовательском институте гидротехники, причем по совокупности собранных данных и соображений автор настоящего изложения пришел к заключениям, могущим, повидимому, иметь применение не только для упомянутого специального случая, но и для других узлов Большой Волги.

В виду этого здесь излагаются вкратце соответственные выводы о пропуске льда по шлюзам, деривационным каналами плотоходам.

Шлюзы и плотоходы являются сооружениями со специальным и ответственным назначением — служить для целей судоходства и в некоторых случаях — сплава. Эти сооружения должны быть в состоянии безукоризненной исправности ко времени открытия навигации, и потому применение их для каких бы то ни было других целей, чуждых их прямому назначению, могущее сопровождаться повреждениями, не должно быть допускаемо, если к этому не вынуждают особо уважительные обстоятельства.

Поэтому, при принципиальном решении ледового вопроса, следует прежде всего выяснить:

а) может ли пропуск льда через шлюзы сопровождаться повреждением этих сооружений в какой бы то ни было степени,

б) имеются ли на лицо в рассматриваемом узле Большой Волги обстоятельства, которые делают неустранимой необходимость пропуска льда через названные сооружения.

Пропуск льда через шлюзы можно мыслить в двух видах:

1) при открытых воротах,

2) в порядке шлюзования.

Движение ледовых масс через открытые шлюзы, если бы даже технически это оказалось возможным, через шлюзы, являющиеся узкими местами, сжимающими подходящий к ним водный поток, не может не сопровождаться действием этих масс на стены и затворы сооружения. Интенсивность такого действия зависит от скорости потока, обилия льдин, их размеров и т. п. факторов ледохода. При неблагоприятных условиях возможно скопление и задержка льда, сопровождающееся подпорами воды и быстрыми сдвигами значительных масс льда. Трение и толчки о сооружение будут вызывать те или иные расстройства, напр. эрозию поверхностей кладки, выворачивание облицовки, деформацию частей затворов и пр.

При шлюзовании льда, в случае обилия его, также нельзя вполне избежать неблагоприятного воздействия льда на сооружения.

Относительно наличия обстоятельств, имеющих характер «форсмажор» по пропуску льда через шлюзы, можно считать, что таковые могут возникать лишь в совершенно исключительных случаях, напр. для деривационного канала, если лед должен быть удален из него полностью до открытия навигации, — а не представляется возможным оставить лед в канале до его естественного распада, вследствие таяния, ускоряя вместе с тем в подлежащем случае этот процесс естественного распада ледокольными работами и ограничиваясь пропуском через шлюзы лишь некоторого количества отдельных льдин, в порядке шлюзования. Необходимо иметь при этом в виду, что для удаления вошедших в шлюзную камеру льдин, нужны особые меры, обеспечивающие некоторую скорость течения воды, без чего лед в камере будет задерживаться.

Конструкция шлюзов типа Большой Волги, имеющих преодолевать весьма значительное падение и пропускать суда очень большой величины, не может ни в коей мере приурочиваться к задачам ледоспусков. Эти шлюзы должны полностью отвечать своему прямому назначению: с минимальной затратой времени и с наибольшей безопасностью пропускать суда из одного бьефа в другой. К этим требованиям обычно, а при наличии энергетических задач в особенности, присоединяется условие наименьшей возможной затраты воды. Если эти последние условия не приводят в том или другом случае к устройству вместо шлюзов судоподъемников, идея коих не может считаться отстраненной и для Большой Волги и должна, повидимому, подвергнуться соответственной проработке, то целесообразным решением вопроса является устройство парных шахтенных или лестничных шлюзов, быть может, со сберегательными бассейнами и, вообще, сооружений очень сложных. Камеры таких шлюзов имеют большие

стенки падения, и вода из них направляется в нижний бьеф через боковые помещения и акведуки.

Пропуск льда в сколько-нибудь больших количествах, имеющих характер ледохода, шлюзованием в сооружениях указанного рода невозможен без риска повреждений. Движение льда будет неравномерно. Будут образовываться скопления льда, подпоры, вызывающие давление на ограждающие грани, толчки, удары, трение и т. д. Интенсивность этих явлений будет зависеть не только от конструкции шлюзов, но и от изменяющегося расхода воды, подходящей к шлюзам. Эти неопределимые априорно величины могут быть значительны и развивающиеся при этом скорости таяния могут достигать больших пределов.

Применяя вышеприведенные общие соображения к Переволокскому узлу сооружений, следует признать прежде всего, что волжский лед безусловно не должен быть допускаем в деривацию, для чего должны быть созданы соответствующие направляющие и задерживающие устройства, и что, таким образом, в дальнейшем рассмотрении надлежит иметь в виду лишь лед, образующийся в самой деривации, и его удаление из таковой. Ледяной покров деривации слагается изо льда подпертой р. Усы и льда канала. По отношению к первому надлежит принять меры к недопусканию его в канал, в целях уменьшения ледовых затруднений в последнем.

Соответственные средства суть—специальные ледоспуски и охранные боны. Если бы последние оказались недостаточными, то могли бы быть применены постоянные регуляционные сооружения и работа ледоколов, без коих, вообще, Большая Волга не должна вступать в жизнь. Лед канала, если ему нельзя будет по условиям срока начала навигации предоставить устраняться путем естественного таяния, может быть удаляем через шлюзы в порядке шлюзования, если таковое будет требоваться. Для обеспечения самотека в шлюзные камеры нужно исследовать возможность предварительного открывания верхних ворот под напором, что требует соответственной мощности механизмов.[1]

Согласно основаниям общего характера, изложенным выше, пропуск речного льда через шлюз при водоподпорных плотинах в русле р. Волги следует признать недопустимым ни при каких условиях, а по существу дела и не нужным, так как специальные ледопропускные отверстия плотины должны полностью обеспечивать все потребности пропуска льда.

Обращаясь к вопросу о пропуске льда по плотоходам, следует указать, что устройство плотоходов при плотинах большого падения может намечаться в виде обходных каналов или специальных шлюзных камер. Для уменьшения длины канала ему может быть придаваема ультра-шероховатость стен и дна по способу Дениля. Для частного случая, бывшего предметом рассмотрения, плотоход Волгостроя был

[1] По вопросу о таком предварительном открывании ворот заслуживает внимания доклад инж. В. М. Маккавеева XV Международному судоходному конгрессу (II секция, 3-е сообщение).

предложен составителями проекта типа канала с ультра-шероховатым лотком.

Составители охарактеризованного проекта плотохода считали его предварительным и схематическим, в виду невыясненности ряда факторов, а именно:

1) Какой величины будет коэффициент шероховатости при принятой конструкции, повышающей шероховатость.

2) Допускаемая скорость движения плота по плотоходу.

3) Какова зависимость между скоростью движения плота по плотоходу и средней скоростью движения воды.

4) Допустимый перепад в голове плотохода при пропуске плотов.

5) Возможно ли ныряние плота в конце лотка плотохода при переходе его в отводящий канал.

6) Какова будет поверхность воды в лотке плотохода при наличии такого значительного плавающего тела, как плот.

К ним должен быть добавлен вопрос о размерах самих плотов будущей Большой Волги, а также вопрос о предельной высоте плотин, связанный с длиной плотоходов.

При дальнейшем уточнении постановки задачи едва ли, однако, можно ожидать получить доказательства того, что через большие перепады гидроэлектрических установок строить плотоходы в виде очень длинных, наклонных, глубоких каналов целесообразно.

Такие каналы, при большой стоимости первоначального устройства, расходовали бы слишком значительное количество воды в ущерб энергетическим целям. Представляется, повидимому, более рациональным, применение в подобных случаях для нужд лесосплава, шлюзов той или иной конструкции. Будут ли эти устройства специального характера, подобные плотоходам системы Неуп'а и приуроченные исключительно для пропуска плотов, или же камерные шлюзы, общие для плотов и судов, этот вопрос подлежит, надо думать, исследованию в порядке составления вариантов.

Есть основания ожидать наибольшего успеха от специальных ступенчатых плотоходов шлюзового типа.

По отношению к плотоходу, как сооружению определенного весьма ответственного транспортного назначения, сохраняются в силе приведенные выше соображения по поводу судоходного шлюза о том, что это сооружение должно быть в состоянии безукоризненной исправности ко времени начала движения плотов по реке, а потому применение плотохода для целей, чуждых его прямому назначению, могущее сопровождаться повреждениями, не должно быть принципиально допускаемо.

Плотоход, при водоподпорной плотине Большой Волги канального типа, в случае использования его в качестве ледосброса, принял бы на себя непосредственный пропуск части ледохода из верхнего бьефа в нижний, по узкому и длинному лотку с большими и переменными скоростями и неодинаковыми глубинами. В таких условиях задержка и скопление льда в тех или иных местах плотохода едва ли избежимы, со всеми вытекающими отсюда последствиями в отношении повреждe-

ния русла канала. Такие неблагоприятные обстоятельства тем более вероятны, если на значительном протяжении, в целях увеличения коэффициента шероховатости и уменьшения длины сооружения, дно плотохода снабжается крупными бетонными порогами.

Независимо от затруднений, вызываемых льдом, проходящим из верхнего бьефа, вероятны и ледовые явления неблагоприятного характера, зарождающиеся в самом плотоходе под влиянием образования, при известных гидрометеорологических условиях, шуги и донного льда. Эти добавочные к общему ледоходу факторы могут ухудшать условия прохода льда в целом и их последствия для состояния стен и дна плотохода.

Имея перед собой такие вредные для сплава возможности, не следует стремиться к использованию плотоходов канального типа в качестве ледоспусков. Специальные водосливные отверстия плотины могут быть сделаны вполне достаточными для пропуска льда. Никаких обстоятельств характера «форс-мажор», которые требовали бы дополнения этих отверстий плотоходов для ледовых нужд, нет. И рисковать благополучием лесосплава не зачем.

При отказе от плотохода типа канала и принятии шлюзового варианта для этой цели, получают все значение соображения, изложенные выше, относительно недопустимости пропуска речного льда через камерные шлюзы, и самый вопрос о плотоходе-ледоспуске отпадает полностью.

§ 9. **Меры к удлинению периода навигации реконструированной Волги.** Анализ вопроса о режиме реконструированной Волги в его соотношениях с водным транспортом позволяет признать, что к удлинению периода навигации Большой Волги должны быть предусмотрены меры в следующем составе:

А. Путь.

1) Во всех местах, где дерформированний подпорами воды речной поток будет иметь склонность к задержке правильного движения льда, водный путь должен быть снабжен направляющими или регуляционными сооружениями, обеспечивающими наибольшую возможную правильность ледокола и устранение всяких нежелательных задержек и скоплений льда.

2) Судоходная обстановка должна стать постоянной береговой маячного типа, ни в коей мере не зависящей от ледовых явлений на реке и способной правильно функционировать при всяких гидрометеорологических условиях.

3) Порты на реке должны быть распределены так, чтобы некоторое число их совпадало с пунктами, куда определенные группы судов должны направляться для зимовки, тем допуская возможность полного пробега каждого судна для транспортных целей.

4) Число постоянных мостов, как сооружений, задерживающих лед и затрудняющих его устранение, должно быть доведено до неизбежного минимума с заменой мостовых переходов паромными переправами (в широком месте) или подводными туннелями (в узком), а пролеты неизбежных мостов должны быть как можно больше, чтобы

задерживающее влияние мостов на движение льда было бы минимальным.

Б. Флот.

1) В составе речного транспортного флота должны быть суда, конструкция коих позволяла бы их безопасное плавание во льдах до тех пор, пока теми или иными средствами будет поддерживаться ход по реке при наличии льда.

2) Для сообщения между берегами будущих бьефов озерного типа и перевозки грузов и пассажиров должен быть своевременно заготовлен контингент паромов-ледоколов и устроены надлежащие пристанские сооружения для соответственных пунктов.

3) Для поддержания фарватера открытым возможно долгое время должен быть своевременно заготовлен контингент ледоколов надлежащей мощности.

В. Эксплоатация.

1) Должна быть организована постоянная служба предсказаний сроков образования шуги и донного льда, замерзания и вскрытия реки, места и времени возможных зажоров и заторов и вообще всякого рода ледовых явлений, знание коих необходимо для правильного планирования и проведения зимней навигации; эта служба предсказаний должна быть основана на глубоких общих исследованиях гидрометеорологического характера, позволяющих поднять до надлежащей высоты степень достоверности предсказаний.

2) Диспетчерская служба должна быть доведена до высшего совершенства и учитывать особенности плавания при наличии льда, для наилучшего использования в каждом данном случае судоходных возможностей, предоставляемых проделанным ледоколом каналом и пр.

3) Должны быть изучаемы и в надлежащих условиях применяемы вспомогательные меры борьбы с неблагоприятными ледовыми явлениями, каковы, с одной стороны, устранение разными способами пунктов образования шуги и донного льда, с другой, местные разрушения ледяного покрова и скоплений льда взрыванием термитом и химическими средствами.

4) Служба связи между береговыми пунктами (порты, шлюзы, маяки и пр.) и судами должна быть доведена до возможного совершенства.

5) Дело охраны труда на водном транспорте и, в частности, спасения на водах должно быть поставлено на надлежащую высоту и обеспечено всем необходимым.

Г. Научно-исследовательская организация.

Большая Волга должна иметь свое постоянное ледоисследовательское учреждение с ледотехнической при ней лабораторией (ледоисследовательский институт) для непрерывного изучения ледовых процессов, происходящих на реке, свойств льда, мер борьбы с ледовыми затруднениями и пр.

§ 10. Необходимость рационализации комплексного изучения и осуществления максимализации рек. Не идя далее во вскрытии взаимных противоречий в требованиях различных эле-

ментов комплексных проблем водного хозяйства, разрешаемых посредством максимализации рек, и не углубляя более вопроса зимнего режима и водного транспорта на реконструированной Волге, можно считать и сказанного достаточным для признания безусловно необходимой рационализации исследований гидрометеорологических, технических, экономических и многих других, которые должны лечь в основу решения каждой из таких проблем. Объем, состав, степень углубленности и пр. этих разнообразных исследований слишком велики, чтобы можно было пытаться дать им какую-либо характеристику в пределах настоящего доклада. Однако, можно признать, что на первом плане должно стоять изучение режима реки, намечаемой к максимализации в комплексных интересах народного хозяйства.

Изучение режима должно производиться не эпизодически, а непрерывно в течение ряда годов, чтобы можно было проследить полностью ход происходящих процессов во всех фазах при переменных гидрометеорологических условиях в естественном состоянии реки, во время постройки сооружений и в период их использования, и таким образом установить зависимости, позволяющие делать необходимые прогнозы.

Для осуществления сказанного, как выяснило производимое автором по поручению Научно-исследовательского института гидротехники Главэнерго изучение необходимой организации комплексного изучения рек в целях максимализации, — требуется наличие в каждом максимализуемом речном бассейне специального постоянного местного исследовательского института (фиг. 25). Такой институт должен охватывать своими учреждениями все основные в отношении природных явлений пункты и позволять изучать их циклы явлений, экспериментально исследовать способы борьбы с неблагоприятными явлениями и способы неиспользования благоприятных, ставить и разрешать технико-экономические задачи, относящиеся не только до изучаемого бассейна, но и до связи его с соседними в транспортном и др. отношениях и т. д. Такой институт должен явиться непосредственным местным сотрудником проектирующих, строительных, эксплоатационных и наблюдательных учреждений по всем отдельным отраслям максимализационной проблемы района. В научных работах он должен быть в контакте с соответственными научно-исследовательскими институтами.

Обеспечение районному исследовательскому институту надлежащей функциональной способности заставляет предусматривать в нем отделы: гидрологический, геологический, технический, экономический, планирования и синтетической обработки исследований и др., с соответственными лабораториями, организациями для экспериментальных работ и пр.

Районные исследовательские институты СССР указанного назначения должны быть объединены в своей деятельности так, чтобы им был обеспечен взаимный обмен опытом и устранены потери времени и денег на достижение уже вполне выяснившихся в другом месте результатов. Это объединение должно осуществляться в особом высшем

центральном органе для установления необходимой научно-технической и административной связи между исследовательскими, проектировочными, строительными и эксплоатационными действиями ведомств и учреждений, призываемых к тому или иному сотрудничеству в комплексной проблеме максимализации реки.

Мировой водооборот воды не знает искусственного деления поверхности земного шара на административные или государственные районы. Вода испаряется, поднимается в атмосферу, перемещается в ней воздушными течениями, сгущается, падает на водные скопления и территории земли, течет по поверхности суши, проникает в толщу земной коры, вытекает из нее в виде ключей, стекает в моря и океаны, испаряется вновь и т. д. В своих преобразованиях и перемещениях вода множество раз пересекает всякие административные и политические границы, являясь вполне международным фактором по физическим свойствам своей природы.

Моря и океаны принадлежат, за немногими исключениями территориальных вод, всему населению земли. Озера и текучие воды во многих случаях находятся в совместном владении соседних стран...

Энергетические ресурсы вод в течение многих веков, предшествовавших эре электричества, были приурочены к ограниченным районам. Но XX век радикально изменил эти ограничения. Гидроэлектроэнергия, производимая в одном пункте водной сети мира, может передаваться по проводам на огромные расстояния. Дальность передачи все возрастает по мере новых усовершенствований ее технических условий. Источники электроэнергии не только одной страны, но и разных стран уже работают в общие сети. В перспективе можно предвидеть покрытие, если не всего земного шара, то его крупных континентов единой сетью электромагистралей, где международное сотрудничество проявится в организации своих величайших достижений.

Вода осуществит, таким образом, в полном объеме объединение человечества в единый могучий коллектив работников. Эта конечная роль воды не должна упускаться из внимания на всех предшествующих этапах водохозяйственных мероприятий и тем более мероприятий по максимализации использования водных ресурсов. Внутренняя и международная связь учреждений, занимающихся вопросами максимализации, является безусловной необходимостью.

Ближайшими целями внутренней и международной связи максимализационных научно-исследовательских учреждений должны быть:

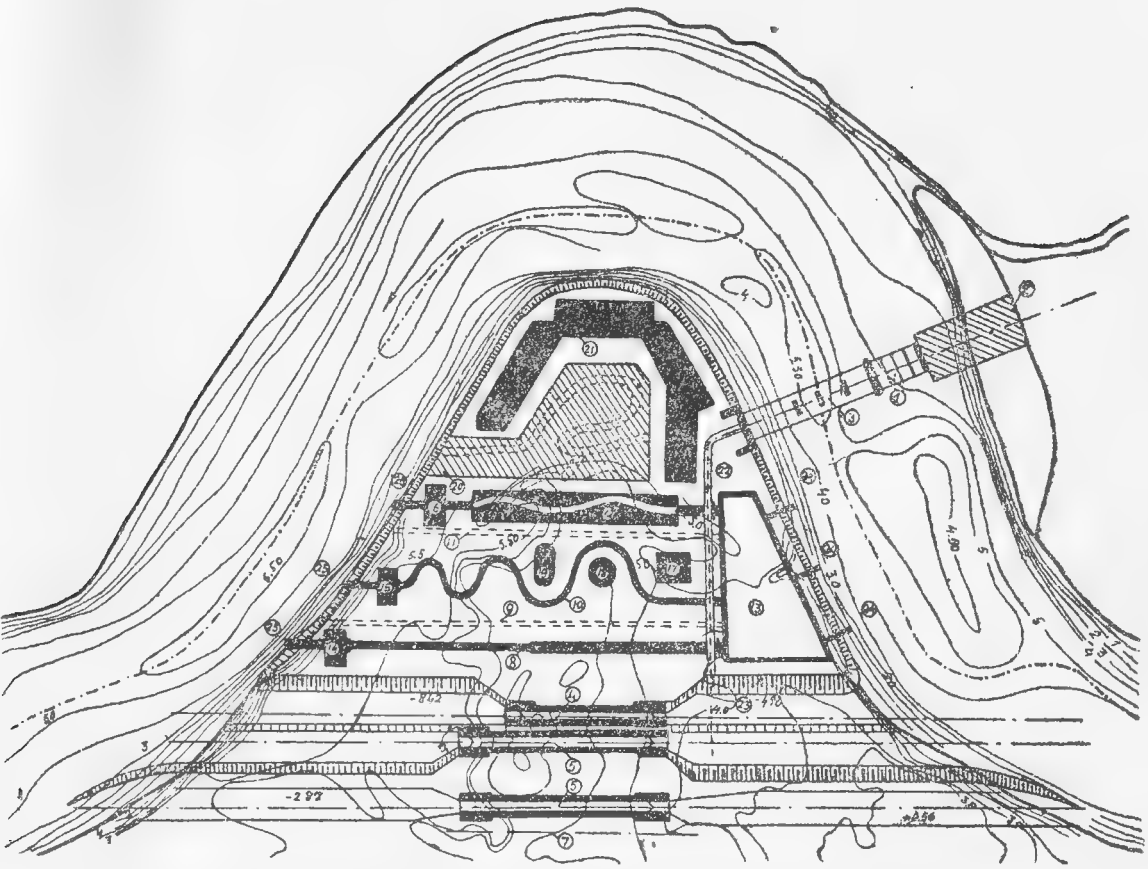
а) обмен фактическими данными произведенных исследований и работ,

б) обмен научным и методическим опытом,

в) согласование строительных предложений в тех случаях, когда можно ожидать их взаимного влияния с соседними,

г) общественный контроль над максимализационным ходом осуществления их исследовательных этапов.

Внутренняя связь будет обеспечена, на ряду с районными, созданием центрального научно-исследовательского института водохозяй-



Фиг. 25. Общее расположение сооружений ледоисследовательского института и его ледотехнической лаборатории по проекту В. Е. Тимонова.

(8) Главный опытный прямой канал.
(9) Место для дополнительного опытного прямого канала.
(10) Опытный извилинный канал.
(11) Водосток для опоражнивания приемного бассейна.
(12) Большой гидротехнический лоток.
(13) Водоприемный резервуар и регулятор уровня.
(14), (15), (16) } Измерительные бассейны.
(17), (18), (19) } Опытные бассейны.
(20) Площадка для крупных моделей.
(21) Здание института и закрытых лабораторий.
(22) Дорога.
(23) Мост.
(24) Водопуски.
(25) Водовпуски.

ственной максимализации, при надлежащей конструкции этих учреждений и предоставлении им права созыва специальных периодических районных и союзных съездов. Внешняя или международная связь должна опираться на существующие международные организации, посвящающие себя вопросам экономики и техники водного хозяйства, каковы: международная организация судоходства, международные энергетические конференции, международная ассоциация больших плотин, международное объединение гидро-лабораторий и др.

Независимо от этого СССР мог бы с большим основанием взять на себя созыв специального международного конгресса по максима-

лизации водного хозяйства и положить начало постоянной международной ассоциации этих конгрессов. Такая новая форма международного технического и экономического объединения ни в коем случае не нарушила бы специальных задач упомянутых и других международных учреждений, работающих по отдельным элементам комплексных водохозяйственных проблем. Она, напротив, увеличила бы их значение, создавая синтетическую базу для координации их усилий и позволяя находить пути для рационального решения комплексных проблем в условиях достижения максимума пользы для совокупности соприкасающихся интересов.

Вместе с тем эта новая форма международной работы в наиболее сложной области народного хозяйства — в области водопользования — показала бы всему миру на ряде глубоких теоретических построений и конкретных, реальных, практических достижений, огромное превосходство строящейся в СССР социалистической системы. Она ярко отразила бы советское отношение к организации водопользования, представляющего одно из звеньев бесконечно разносторонней деятельности нашего Союза, где научно исследовательская, административная и всякая иная работа — все тесно увязаны одна с другой единым планом и все подчинены единой общей цели — построения социализма. Она противопоставила бы возможности осуществления комплексных водохозяйственных проблем в советском строе, где все подчинено интересам строящегося социалистического общества и каждому предприятию отведено в плановом порядке свое место, с трудностями, стоящими на пути подобных начинаний в капиталистическом мире с его отчаянной конкуренцией отдельных личностей, финансовых групп и государств. Она позволила бы с особой эффективностью обращаться к специалистам всех стран, выявлять перед ними значение социализма с исключительной убедительностью и склонять их своими знаниями творить новую жизнь свободных культурных людей, наилучшим образом использующих силы природы.

ПРЕНИЯ

Председатель. Кому угодно предложить вопросы докладчику или высказаться по поводу доклада?

А. М. Евстафьев. Мне хотелось бы остановиться на одном тезисе проф. В. Е. Тимонова, касающемся важности прогноза явлений зимнего режима.

При создании мощной гидроцентрали на Волге в период перехода от летнего режима к зимнему, этот переход будет сопровождаться резкими колебаниями расхода воды, что будет отражаться на работе как гидротехнических установок, так и тепловых станций.

К сожалению, в настоящее время мы не можем иметь точного суждения о той степени расходов, которые мы будем иметь на Волге. Наш опыт на других речных системах до некоторой степени может дать возможность судить о степени переливания. Здесь я позволю себе сослаться на пример р. Волхова.

График Волхова получен на основании наблюдений последних лет, когда можно было наблюдать данные по расходам воды, даже в переходный период, т. е. в тот период, когда измерение вертушками невозможно. Благодаря наличию станций, через которые мы имели возможность судить о расходах, можно было составить себе ясное представление о степени понижения расходов в период ледостава.

Расход воды меняется при ледоставе вдвое. Такой резкий скачок в переходный период, несомненно, окажется и на расходе топлива станций. Он скажется на необходимости соответственно планировать гидротепловые установки. Это имеет большое экономическое значение, в частности, в целях сбережения средств и сокращения накладных расходов на перегрузку топлива.

По опыту эксплоатации Волховской станции можно отметить, что благодаря удачному расчету расходов воды можно было наладить снабжение топливом станции и использовать все возможности по снабжению топливом, а также избавить станцию от дополнительных перегрузок по заготовке топлива и от той дополнительной доставки топлива, которая необходима была бы в связи с допущением известного запаса в заготовке. В этом случае прогноза топливо поступало на склад и затем направлялось в бункера тепловых станций без излишних запасов.

Оказывается, что уменьшение этих работ вызвало уменьшение в течение 10 месяцев накладных расходов, которое выразилось в сумме 100 тыс. руб. И это в масштабе только одной Волховской станции по прогнозу — в масштабе только одного Ленинграда по тепловым установкам.

Несомненно, что при том развитии энергетических ресурсов, которые мы будем иметь в Волжском бассейне, этот расход переходного времени будет остро чувствоваться, и если есть возможность иметь такой прогноз, как о моменте ледостава, так и в отношении степени расходов, то эта возможность должна быть использована, ибо она чрезвычайно важна для планового снабжения топливом ТЭЦ и для планирования снабжения топливом и всех центров.

Не менее важным является вопрос и с точки зрения установления периодов весеннего паводка, которые определяют начало роста расхода и затем все последующие явления, связанные с паводком.

Так что этот тезис докладчика, о необходимости прогноза, я считаю, имеет очень большое значение и в масштабе гидростроительства и энергетического строительства бассейна р. Волги он должен получить развитие в смысле организации правильной службы прогноза.

Председатель (В. М. Родевич). Кому угодно высказаться?

В. Е. Тимонов. По поводу выступления А. М. Евстафьева должен сказать, что его замечание совершенно правильно. Чем точнее прогноз, тем безопаснее также плавание.

Председатель. Нет желающих высказаться? Тогда доклады текущего дня исчерпаны и надлежит обратиться к резолюциям по

докладам, которые были по всем секциям. Так как постоянный председатель собрания В. Г. Глушков отсутствует, то я полагал бы нужным заняться резолюциями по только что прослушанным докладам, а затем, когда В. Г. Глушков вернется, то мы будем обсуждать остальные резолюции по тем докладам, по которым он больше в курсе дела.

Я предлагаю обратиться к резолюции по докладу проф. В. Е. Тимонова.

Эта резолюция изложена в печатной книжке в тезисах. Некоторые из этих пунктов все-таки, может быть, было бы целесообразно не фиксировать точно, в виду некоторой невыясненности вопроса. Нельзя в таком кратком докладе выяснить все точно и обсудить, так что резолюции должны иметь более общий характер, и с этой точки зрения, может быть, мы прочтем тезисы с тем, чтобы внести несколько сокращений. Если обратиться к первому тезису, то он читается так: «Озерная реконструкция р. Волги, необходимая для возможно полного энергетического использования этой реки и ее бассейна и других целей максимализации, должна повлечь за собой ухудшение ее зимнего режима с точки зрения интересов судоходства». Тут предложение такое — сократить резолюцию таким образом: «Реконструкция реки Волги должна повлечь за собой ухудшение зимнего режима с точки зрения интересов судоходства». Есть возражения?

В. Е. Тимонов. Мне кажется, что термин «озерная» целесообразно было бы оставить.

Председатель. Этот термин представляет нечто новое. Не вся ведь Волга шлюзуется. Некоторую часть предполагается улучшить попусками воды. Это есть новый термин, а «реконструкция Волги» — это термин установившийся. Он вполне ясен, так как все меры по энергетике и судоходству входят в понятие реконструкции Волги.

В. Е. Тимонов. Я думаю, что в такой общей форме может получиться недоразумение.

Для того, чтобы избежать этой неясности, можно так сказать: «намечаемая реконструкция», когда будем иметь в виду схему, которая известна.

Председатель. Хорошо, следовательно: «намечаемая реконструкция» реки Волги должна повлечь за собой ухудшение ее зимнего режима с точки зрения интересов ее судоходства».

С места. Не на всех участках. Только на шлюзованных участках.

Председатель. Тогда добавим: «на шлюзованных участках» или «в подпертых бьефах».

Дальше: «Количество образующегося льда возрастет, толщина ледяного покрова увеличится. Интенсивность и размеры ледовых скоплений станут больше. Ледостав ускорится и вскрытие замедлится. Освобождение реки от льда затруднится, вследствие скоростей течения. В общем, период навигации сократится за счет возрастания времени действия ледяного покрова».

Может быть это перечисление не войдет в резолюцию Сессии по докладу, но здесь на Секции это поясняет первый пункт, чтобы он

не был слишком категорическим и нераскрытым. Поэтому полагаем это сохранить. Нет возражений?

С места. Мне кажется, что здесь некоторые из положений не совсем надо считать доказанными. Я предлагаю ограничиться общими формулировками. Здесь имеются некоторые положения, которые могут быть спорными.

Председатель. Уверен ли докладчик, что его расчеты оправдаются? (*Докладчик подтверждает*).

С места. Я говорю, что ряд моментов могут быть спорными. Размеры ледяных скоплений могут быть больше, но могут быть и меньше.

Председатель. В пределах Ангары может быть иное, а в пределах Волги играет роль толщина ледяного покрова. Есть вероятность, что в озеровидных водоемах лед намерзнет толще.

Здесь можно поставить такую фразу в начале абзаца, а именно: «возможно, что количество» и т. д. Поставить перечень под знаком возможности. Мне хотелось дать утверждение, что волжская реконструкция должна повлечь за собой ухудшение зимнего режима с точки зрения интересов судоходства. И дальше написать: «возможно», что количество льда возрастет, толщина его увеличится и т. д.

С места. Я бы предложил поставить формулировку более кратко.

Председатель. Предлагается оставить только один признак, именно, что «изменяется размер навигации». Но есть такие мнения, что тут увеличиваются и размеры ледяных явлений.

Что скажет по этому поводу собрание?

С места. Мне казалось бы, что относительно момента установления ледостава может быть тоже несколько разных суждений. Представьте себе, что благодаря большим объемам воды здесь может получиться большое количество образованного тепла и момент ледообразования будет несколько позднее, т. е. от момента образования до остановки льда момент будет короче, потому что скорости будут меньше. Но как это отразится на периоде навигации, я затрудняюсь сказать. Но мне кажется, что такой процесс будет иметь место.

Председатель. Вы полагали включить перечень возможных последствий реконструкций или нет?

С места. По моему это можно сделать.

Председатель. Можно включить так: «Количество образующегося льда может возрасти» и т. д., и тогда, по моему, это не будет выглядеть так, что мы утверждаем это как факт. Первый пункт резолюции вообще должен быть полнее, чтобы видно было о чем идет речь.

Таким образом, второй абзац получает такое начало: «А именно возможно, что» и потом идет перечень (*в такой редакции пункт принимается.*)

С места. Может быть здесь указать относительно срока. Наблюдения на Днепре указывают, что это вопрос всего нескольких дней. Может быть как-нибудь охарактеризовать незначительное сокращение навигации.

Председатель. Тогда скажем так: «ледостав несколько ускорится».

Второй пункт: «Меры к удлинению сокращенного периода навигации должны быть предусмотрены в отношении пути, флота и эксплоатации». Есть возражения против пункта? (*возражений нет.*)

Пункт считается принятым по печатным тезисам.

Третий пункт: «Во всех местах задержки льда водный путь должен быть снабжен направляющими и регуляционными сооружениями».

Я бы предложил этот пункт опустить из-за его неясности, потому что у нас обычных регуляционных сооружений для льда в технике нет, это есть нечто новое и рекомендовать это со всей категоричностью, мне кажется, неудобно.

В. Е. Тимонов. Тогда нужно сказать более неопределенно, но все-таки сказать, что: «места возможных задержек льда водного пути должны быть соответственно оборудованы для беспрепятственного пропуска льда».

Председатель. Вопрос еще весьма неясен. На Днепрострое лед вовсе не пропускается, тогда зачем там нужны сооружения. Может быть и на Волге некоторые бьефы не будут сбрасывать лед. Проделают сбоку судоходный канал, а остальной лед будет киснуть.

В. Е. Тимонов. Во всяком случае, в интересах транспорта это будет не улучшение, а ухудшение дела. Мы ведь говорим с точки зрения улучшения условий плавания. Для транспорта важно, чтобы в течение всего времени, когда можно плавать, можно было плавать. Если нельзя плавать из-за того, что лед образует препятствие, мне кажется, что в какой-то форме это нужно сказать или надо, чтобы это подразумевалось.

Председатель. По моему не выяснен принципиальный вопрос. Может быть в местах возможных задержек льда он будет пропускаться и тогда резолюция о том, что во всех местах задержки должны быть сооружены направляющие и регулирующие сооружения, сама собой отпадает. А как решится вопрос на очень больших бьефах, мы еще не знаем. Поэтому это не ясно.

В. Е. Тимонов. Для меня в этом неясности нет, потому что здесь сказано: «во всех местах задержки правильного движения льда». Если он не будет двигаться, а будет стоять, ясно, что этот пункт к нему не относится. Река движется, лед находится в движении, льдины проходят, в некоторых местах они могут задержаться вследствие естественных причин. По моему здесь так и нужно сказать.

Председатель. Но ведь сейчас Волга проводит свой ледоход и в естественном состоянии не нуждается для этого в особых направляющих или регуляционных сооружениях.

В. Е. Тимонов. Не нуждается, как не нуждаются в деньгах люди, у которых их нет. Если бы эти сооружения были, навигация не прекращалась бы так заблаговременно. Есть места, где есть такие препятствия, и сооружения будут нужны в той или другой форме в известных случаях. Поэтому, мне казалось бы, что об этом нужно

сказать. Должны быть приняты меры к возможно безопасному пропуску льда, чтобы не приносить в жертву судоходство.

С места. Но, очевидно, что такой вопрос можно ставить и вне зависимости от Большой Волги, и не только по отношению к Волге, но и по отношению к другим рекам, если уже его ставить.

В. Е. Тимонов. Он возникает потому, что здесь уничтожается естественное сильное течение реки, и там, где лед не скоплялся, он будет скопляться и задерживаться. При слабости течения он будет останавливаться, и те маленькие препятствия, которые прежде были недостаточны для того, чтобы задержать ледоход, теперь будут достаточны, так как скорость в значительной степени уменьшится.

С места. У меня возникает такого рода соображение. Можно подпусками при начале замерзания еще ломать этот лед, весной обратно: спуская воду, надламывать его, так что здесь будет фактор регулирования ледового покрова, и может быть ни в какой мере не сократится навигационный период и пожалуй можно будет его и продолжить.

Председатель. Это пункт первый, и мы приняли его с оговоркой. Я позволю себе, товарищи, высказать следующее соображение: там, где лед будет пропускаться через сооружения, там, очевидно, уже в состав самого проекта сооружения входит направляющее лед регулирующее сооружение, потому что иначе это опасно для больших плотин, если делается сброс и не предусматривается направление льда; итак «приспособления» не совсем ясны.

В. Е. Тимонов. Можно написать в условной форме: «Признать необходимым выяснить, в какой мере необходимы или нужны такие приспособления».

Если такое компетентное учреждение, как Канадское правительство, этот вопрос возбуждает и решает для своих рек, почему мы должны от этого отказаться?

Председатель. Тогда в условной форме, может быть, это возможно оставить. Как вы это сформулируете?

В. Е. Тимонов. «Признать желательным изучение специальных мер для всех мест естественной задержки льда и снабжения водного пути сооружениями, которые препятствовали бы скоплению льда»:

Председатель. Есть возражения принять п. 3 в такой условной форме? Возражений нет, принимается.

Теперь дальше пункт 4: «Судоходная обстановка должна стать постоянной береговой маячного типа».

Является ли это вполне выясненным? У нас тут есть специалисты по обстановке. Как полагает А. И. Рихтер? Можно ли категорически указать, что здесь нужно перейти к маякам?

А. И. Рихтер. Поскольку идет речь о поддержании плавания на больших будущих внутренних озерах с длительным протяжением, как мы вчера слышали, в десятки километров и шириной такого же порядка, там уже надо переходить к освещению берегов при помощи маяков, но на промежуточных частях возможно еще остаться при прежнем. Таково было бы мое мнение.

Председатель. Тогда, может быть, является необходимым вставить какое-нибудь ограничительное слово вроде того, что «судоходная обстановка в подходящих условиях должна стать постоянной береговой маячного типа».

С места. Лучше «в районе водохранилищ».

В. Е. Тимонов. Это нереально, потому что неизвестно, что такое «в районе водохранилищ».

А. И. Рихтер. Я бы предложил тоже «в подходящих условиях».

Председатель. Конечно, подпертые плесы это — водохранилище или нет?

Тогда вставляется «в подходящих условиях».

Пункт 5: «Порты на реке должны совпадать с пунктами зимовки».

Если тут то, что зимовки желательно приурочивать к такому крупному сооружению, как порты, это может быть ясно.

В. Е. Тимонов. Это так и нужно понимать, я уже пояснил.

Председатель. Но устраняются ли этим промежуточные пункты зимовки? Может быть, вы не сможете оборудовать столько портов.

В. Е. Тимонов. Разрешите тогда пояснить. Я не считаю, что каждый порт должен быть пунктом зимовки. Мы пришли к такому выводу, что на реке в тех пунктах, которые являются конечными пунктами зимних рейсов, должны быть зимовки, соединенные с торговыми портами, для того, чтобы судно не боялось дойти до такого пункта и не остановилось бы раньше, не довезя своего груза до того предела, который ему поставлен. Так что этот пункт можно уточнить.

Председатель. Следовательно, порты, которые будут сооружены, должны совпадать с пунктами зимовки. Между тем, пункты зимовки могут быть и помимо портов. Портовые пункты зимовки не устраняют такой возможности.

С места. Может быть, тогда порты на реке должны быть оборудованы так, чтобы они могли служить и пунктами зимовки?

В. Е. Тимонов. Это обязательно, но, может быть, не все порты.

Председатель. Следовательно, согласимся с тем, что порты на реке должны совпадать с пунктами зимовки — без детализации.

С места. Новые порты. Ведь не будете же вы переносить старые порты, оправданные историей. При речных портах — предусмотреть устройство зимовочных пунктов.

В. Е. Тимонов. Это одна мысль. Но ведь не при всех речных портах это нужно. Не при всех речных портах это и возможно. Есть порты, которые представляют собою береговые набережные и устраивать специальные зимовки было бы, может быть, нецелесообразно. А, может быть, дойти до конца, как дошел международный конгресс, и сказать: «в пунктах конечных речных рейсов порты должны совпадать с пунктами зимовки».

С места. Не будет ли неправильно понято, что и в конечном рейсе, если имеет место зимовка, мы должны предусмотреть порт? Ведь здесь упор ведется на расположение порта и при нем должна быть зимовка. Если они территориально различны, то мы мыслим зимовку в порту, а не обратно.

Председатель. Итак, «в пунктах конечных речных рейсов порты должны совпадать с пунктами зимовки». С этим мы согласимся. Возражений нет? (*принимается*).

Пункт 6: «число постоянных мостов должно быть доведено до неизбежного минимума, с заменой новых мостовых переходов паромными переправами и подводными туннелями, а пролеты неизбежных мостов должны быть как можно больше».

Есть ли вообще надобность в таком пункте? Мне представляется, что экономия государственных сооружений предусматривает, что число мостов должно быть как можно меньше. Так что нужно ли вообще это здесь поддерживать?

Затем относительно замены мостовых переходов паромными переправами. Эта замена вообще у нас дело новое; у нас это еще не испытано, и я не думаю, чтобы ее можно было рекомендовать категорически. А подводные туннели — это наиболее дорогое решение вопроса.

Я просил бы высказаться, нужно ли регламентировать этот пункт.

С места. Разрешите сказать несколько слов по этому поводу. В условиях подпертых бьефов старые мосты придется перестраивать, так что в конце концов правильно, что старые мосты нужно перестраивать, но ясно, что их нужно довести до минимума. Если мы будем иметь подпоры и глубины в 30—40 м, то мосты строить будет трудно, и мысль В. Е. Тимонова, чтобы заменить их паромами и туннелями, имеет основание?

С места. Может быть выпустить среднюю часть тезиса и сказать: «число постоянных мостов должно быть доведено до неизбежного минимума».

В. Е. Тимонов. Позвольте возразить. Мы стоим перед таким моментом, когда существующие мосты, чрезвычайно важные, разбираются и уничтожаются: мы знаем, например, что и Кичкасский мост был снят. Другие мосты, еще не выстроенные, уже упраздняются теоретически. Создатели проекта говорили, что мы его используем для того, чтобы на быках поставить мачты, и стоимость мачт будет около миллиона или больше. Есть симптом, что картина совершенно меняется. Если будем придерживаться прежней политики и борьбы двух, вернее трех ведомств, то вопрос будет решаться в каждом отдельном случае в зависимости от того, кто сильнее, но, по моему, в таком учреждении, где мы находимся сейчас, очень важно указать такие моменты. Они чрезвычайно серьезны. Ни один мост не должен обсуждаться иначе, как с точки зрения государственных последствий; сказать же, что паромы применять невозможно, нельзя, потому что уже в течение 30 лет это применяется. Этот транспорт развивается, и за границей это очень развито, так что там даже создались конкурирующие перевозки. На линии железных дорог ходят паромы вдоль берега. Это вид транспорта, который освоен, и нужно отметить, что вопрос о постройке новых постоянных мостов должен быть изучаем с точки зрения сокращения этих мостов и с точки зрения замены мостовых переходов.

Председатель. Можно предложить такую формулировку: «число постоянных мостов должно быть доведено до неизбежного минимума, а пролетов должно быть по возможности более». Возможна замена мостовых переходов паромами и подводными туннелями.

В. Е. Тимонов. Это есть утверждение того, что знает весь мир. Академия должна сказать нечто другое.

Председатель. Тогда сформулируем конец так: «необходимо исследование возможной замены мостовых переходов паромными переправами и подводными туннелями». Теперь переходим к пункту 7:

«В составе речного транспортного флота должны быть суда, конструкция коих позволяла бы их безопасное плавание во льдах до тех пор, пока теми или другими средствами будет поддерживаться ход по реке при наличии льда».

Какие суда могут быть сконструированы? Вы не можете менять всего флота. Если флот опоздал с последним рейсом, — он весь подвергается действию льда.

В. Е. Тимонов. Мы указывали, что раз зимнее плавание могло быть продолжено, то это должно быть соблюдено. Во всяком случае этот вопрос в данный момент подлежит обсуждению. Что это делается так, мы видим по морским судам, т. е. суда, которые плавают, снабжены особыми поясами. Тут сказано достаточно мягко: в составе должны быть не все суда зимнего плавания, а некоторые.

Председатель. Если нет возражений, тогда будем считать принятым пункт 7 в изложенной редакции.

Пункт 8: «Должен быть своевременно заготовлен контингент паромов-ледоколов».

Это предусматривает то, что у нас будут значительные изменения сроков навигации. А если будут незначительные и если не будет директивы о продолжении навигации за сроки ледохода и ледостава? Тогда, может быть, нет надобности заготовлять контингент. Мы в 6-м пункте говорили, что должна быть изучена возможность паромной переправы.

В. Е. Тимонов. Надо написать: «должен быть поддержан контингент ледоколов».

Председатель. Тогда так: «Должен быть своевременно заготовлен контингент судов ледокольного типа» и соединяется с п. 7.

Пункт 9: «Должна быть организована постоянная служба предсказаний сроков образования шуги и донного льда, замерзания и вскрытия реки, места и времени возможных зажоров и заторов».

По последнему пункту у меня есть общее возражение такого рода: бассейн реконструированной Волги охватывает более половины Европейской части Союза, и поэтому специальная служба на Большой Волге тогда вступит в конфликт со службой вообще метеорологического оповещения, которое имеется в центральном Гидрометкомитете. Так что, если потом потребуется параллельно служба для Большого Днепра, тогда для центрального ведомства ничего не останется.

В. Е. Тимонов. В пункте 9 я не говорю, как должна быть организована служба предсказаний и т. д.

С места. Служба предсказаний по Волге ведется Центральным бюро погоды, но не по всем элементам, потому что некоторые из них находятся в стадии изучения. Поэтому нужно ставить вопрос не об организации, а о развитии службы предсказаний.

Председатель. Стало быть, можно записать так п. 8: «должна быть развита постоянная служба предсказаний явлений зимнего режима». Возражений нет? (*принимается.*)

Пункт 9: «Диспетчерская служба и служба связи должны быть доведены до высшего совершенства и учитывать особенности плавания льда для лучшего использования проделанных ледоколами каналов и пр.».

Что скажет собрание по этому поводу? Есть ли необходимость в такой диспетчерской службе вообще по всем водным артериям или это только по Вольге?

В. Е. Тимонов. По моему есть, и служба есть.

Председатель. Значит такая служба существует.

В. Е. Тимонов. Да, но она не занимается зимним плаванием. Тут можно сказать так: «диспетчерская служба и служба связи должны учитывать особенности плавания при наличии льда».

Председатель. Нет возражений против такой редакции? (*возражений нет.*)

„Должны быть изучаемы и применяемы меры борьбы с неблагоприятными ледовыми явлениями, каковы устранения пунктов производства шуги и донного льда, местное разрушение ледяного покрова и скоплений льда взрывами, термитом и химическими средствами".

В. Е. Тимонов. И «должны быть изучены и применены меры борьбы с неблагоприятными ледовыми явлениями». Я бы предложил пояснений тут не делать, а ограничиться: «должны быть изучены и применены меры борьбы с неблагоприятными ледовыми явлениями».

Я думаю полезно также упомянуть о других способах, о взрывах термитом и химическими средствами, потому что и то и другое нигде не применялось.

«Должны быть изучены и применены меры борьбы с неблагоприятными ледовыми явлениями, наряду с действием ледоколов еще действия взрывов и химических средств».

Председатель. У нас взрывами всегда работают, с термитом тоже были опыты, если не ошибаюсь, на Волховстрое, не особенно убедительные. Мне кажется, что лучше не итти по пути перечисления: «должны быть изучаемы и применяемы меры борьбы с неблагоприятными ледовыми явлениями, каковы устранения пунктов производства шуги и донного льда, местное разрушение ледяного покрова и скопление льда».

Так как все это касается реконструируемой Волги, то это все понятно. Если вы говорите «местными», тогда нужно иметь в виду применение ледоколов и это будет касаться целых плёсов. Принимается без перечисления.

Пункт 12: «Большая Волга должна иметь свою постоянную ледоисследовательскую организацию с ледотехнической при ней лаборато-

рией». Этот пункт весьма привлекателен для принятия и утверждения. Единственное только то, что это есть половина нашего Союза. Что тогда будет делать наш Центральный институт?

В. Е. Тимонов. Центральный институт будет заниматься своим делом, которое заключается в инструктировании местных институтов и в использовании материалов, которые они доставляют, для своих надобностей. Так как институт не может производить сам исследования в разных местах иначе, как путем экспедиций, т. е. таким путем, который в этом случае не годится, то при дальнейшем развитии волжской проблемы надо иметь местные органы. Отказываться от того, чтобы иметь постоянную организацию — абсолютно невозможно. Это значит — защищать ведомственные интересы в ущерб государственным. Эта организация будет пользоваться консультацией всех центральных институтов, как гидротехнического и т. д., но это будет учреждение, которое всегда находится на месте и которое изучает явление в тот момент, когда оно происходит: оно может продолжаться несколько минут и, потом его никто не поймает.

Председатель. Значит, сформулируем так: «Большая Волга должна иметь свою постоянную местную исследовательскую организацию с ледотехнической при ней лабораторией».

Позвольте передать председательствование В. Г. Глушкову.

Председатель (В. Г. Глушков). Дальше у нас по повестке назначено принятие резолюций в целом. Я буду их читать по отдельным разделам и прошу делать заметки по пунктам. Порядок зачтения резолюций будет такой. Первой будет группа климатологическая, которую слушали на первом собрании. С этим связана группа по водному балансу Каспийского моря, затем по регулированию стока Волги по докладу Никольского, потом пойдет валдайская, затем по верхней Волге, затем по водному транспорту и по докладу С. В. Бернштейн-Когана. Только что настоящим собранием была сформулирована резолюция по докладу проф. В. Е. Тимонова, и к ней мы уже не будем возвращаться. По докладу А. И. Фидмана, как информационному, мы никаких решений принимать не будем.

По поводу порядка нет возражений? (*возражений нет.*)

Зачитываю резолюцию по докладам Р. Э. Давида, С. Л. Бастамова «Климатологические характеристики района БГП и прилегающих областей, по докладу М. А. Лорис-Меликова». Синоптические характеристики Арало-Каспийской низменности и бассейна Волги и их соотношение с общей атмосферной циркуляцией, по докладу А. В. Вознесенского «О колебаниях уровня Каспийского моря» (*зачитывается проект резолюции.*)

Председатель. У кого есть замечания?

Брегман. Я предложил бы: «Осадки на поверхности Каспия и испарения на поверхности Каспия перенести на баланс».

Председатель. Но вообще против вы не возражаете?

Брегман. Нет.

Председатель. Тогда место тезиса мы определим. (*Принимается.*) Теперь по поводу водного баланса. Из работ бригады по докладу Брег-

мана и Михалевского «Водный баланс Каспийского моря в связис Большой Волгой» я заготовил следующую резолюцию: (*читает.*)

Председатель. Какие замечания.

С места. Не следовало бы этот последний пункт несколько детализировать?

Председатель. Я просил бригаду это сделать?

А. А. Каминский. Неудобно декретировать числовые данные, которые мы проверить не можем, чтобы действительно говорить, что столько-то воды испаряется и столько-то попадает в Каспийское море.

Председатель. Если убрать числовую часть, то останется указание на недопустимость снижения уровня Каспия.

Брегман. Когда мы получили задание составить проект резолюции, то В. Г. Глушков сказал: дайте цифры. Очевидно, работа Сессии должна помочь проектировщикам разобраться в балансе Каспия, и если Сессия никаких цифр не даст, то пожалуй все будет потеряно в смысле выяснения.

Председатель. Один высказывался за сохранение цифр, другой против этого, следовательно, можно голосовать.

С места. Цифры можно оставить, но с оговоркой и со ссылкой на источники, потому что имеются у ГГФИ и другие цифры.

Брегман. Это результат работы бригады, и цифра взята не та, которая имелась в докладах, а общая цифра.

Председатель. Голосование показывает, что цифры нужны, но с оговоркой. Ссылка на источники не избавит нас от ответственности за цифры. В данном случае источником является работа бригады, которая взяла среднее значение между докладом Брегмана, Михалевского и данными ГГФИ. Можно сказать, так: «грубо ориентировочно».

В. Е. Тимонов. Есть предложение о том, чтобы пустить Дон в Каспийское море, вы здесь этого не касаетесь.

Председатель. Мы говорим о том, что убыль воды должна быть компенсирована.

В. Е. Тимонов. Может быть сказать: «с изысканием соответствующих мер». Я не слыхал в докладах об использовании Амударьи.

Председатель. Да, возможно, что это не особенно было освещено. Следовательно, сделаем оговорку: «грубо-ориентировочно».

Брегман. Не согласно докладам, так как некоторые цифры расходятся.

Председатель. Давайте тогда так скажем: «согласно докладам и суждению Секции». Нужно брать ответственность на Секцию. В общем запишем так: «общий баланс Каспийского моря, согласно докладам и суждению Секции грубо-ориентировочно можно определить в следующих величинах».

Есть замечание еще по поводу того, чтобы оговорить питание. Мы не указываем источников. Я думаю, что мы здесь указывать и не будем. Дальше будет доклад Никольского. По плану разрешите принять в таком виде.

Г. Р. Брегман. Разрешите мне сделать конкретизацию к пункту 4.

Председатель. Попросим тов. Брегмана дать конкретизацию к 4-му пункту. Возражений нет? (*Нет.*)

Затем идет проект резолюции по докладу инж. Никольского: «Регулирование стока Волги и проблема дополнительного ее питания частью стока северных рек».

Пункт 1: «Составную часть схемы реконструкции Волги....» (*зачитывается резолюция*).

В. М. Родевич. Относительно пункта 1. Северные реки частью восполняют недостачу Волги, а тут можно понять, что полностью.

Председатель. Давайте, поставим «частью».

Какие еще будут замечания?

Родевич. В пункте 5 говорится об излишнем расходе в половодья, вредном в энергетическом отношении. Почему «вредном», так нельзя их квалифицировать.

Предлагаю добавить перед «вредными»: «не зарегулированные».

Председатель. Хорошо. «Однако половина приходится на не зарегулированные весенние паводки». Еще какие замечания?

А. А. Каминский. Мне не совсем ясно, предусматривается ли тут в достаточной мере восполнение запасов воды в северных реках тем или иным способом. Мне кажется, что тут нужно было бы указать, каким путем будет итти это восполнение.

Председатель. Здесь говорится об обеспечении интересов народного хозяйства Севера, посредством частичного зарегулирования и зашлюзования некоторых северных рек. Поэтому, в связи с работами первой очереди по северному питанию Волги в число их нужно отнести работы по шлюзованию Сухоны.

А. А. Каминский. Как-никак на Севере осадков выпадает не очень много, так что запасы воды, которые там получаются, не слишком велики. Следовательно, нужно произвести правильный учет, сколько можно позаимствовать. В связи с этим возникает вопрос об осушке, о дренаже и т. д. для восстановления убыли воды. Этот вопрос имеет там и колоссальное хозяйственное значение. Например, леса не могут расти в заболоченной почве, а если произвести дренаж, то они будут расти гораздо лучше. С другой стороны, этим можно было бы восполнить отчасти то, что будет позаимствовано из северных рек.

Не будем касаться того, что уже использовано, но здесь не указывается, откуда пойдет вода для возмещения.

С места. А зачем возмещать?

А. А. Каминский. Лишней воды будет не так много и не везде она будет.

В. Д. Никольский. Я предлагаю вставить слова: «Посредством мелиоративных мероприятий».

С. Ф. Воеводский. Мне думается, что то, что нашло отражение в резолюции, с величайшей полнотой освещает вопрос, как будет компенсирована та вода, которую предполагает забирать Волга, тем

более, что эти данные основаны на проектных подсчетах и соображениях и нет надобности этот подсчет уточнять.

Председатель. Здесь высказались за и против. Будем ли мы касаться свыше того объема, который предусмотрен резолюцией, вопроса о компенсировании водных запасов для северных рек?

Здесь добавлено: «посредством мелиоративных мероприятий» и «частичного зарегулирования и зашлюзования северных рек». Будут ли еще чем-нибудь дополнять? Если решим, что нужно дополнять, будем искать чем, а если решим, что достаточно, пойдем дальше.

Александров. В связи с этим пунктом об устройстве водохранилищ на Волге, в моей резолюции имеется первый пункт, который говорит о необходимости регулирования собственного стока Волги. Я думаю, его желательно было бы огласить, потому что эти пункты находятся в связи.

В остальном я никаких замечаний не имею.

В. Е. Тимонов. Может быть здесь можно было бы в конце добавить, что при изучении мероприятий, имеющих целью использование северных вод, следует выяснить, в какой мере можно воспользоваться для баланса Каспийского моря водами Аму-дарьи и Сыр-дарьи.

Председатель. У нас этот вопрос отчасти обсуждался, и здесь были такие указания: воды Аму-дарьи и Сыр-дарьи, которые находятся в чрезвычайно засушливых пустынных районах, конечно, будут предназначены не для компенсации каких бы то ни было переброс демянских вод, а пойдут на ирригацию, так что рассчитывать на них просто для компенсации количеств воды в Каспийском море никак не приходится. Это заранее уже отрицается просто по соображениям народно-хозяйственным.

В. Е. Тимонов. Если были приняты серьезные меры к тому, чтобы Аральское море не уничтожало значительной массы этих вод, другими словами, если вы будете тратить всю воду на ирригацию, тогда это возражение правильно.

Председатель. В то же время Аральское море исчезнет.

В. Е. Тимонов. А может быть следует, чтобы оно исчезло?

Председатель. Климатологи говорят, что оно тоже является заслоном.

В. Е. Тимонов. Я думаю, что этот вопрос недостаточно исследован. Полагаю, полезно было бы сказать, что это подлежит выяснению, в какой мере можно, хотя бы отработавшими водами оросительного характера, пополнять бассейн Каспийского моря.

А. А. Каминский. Во всяком случае, Аральское море оказывает весьма заметное влияние на климат окружающей зоны, и довольно широкой зоны, так что исчезновение Аральского моря влечет за собой, конечно, уничтожение этого преимущества. Тут надо рассчитать, будет ли это выгодным.

В. М. Родевич. Я бы считал, что указания на то, что можно или нет воспользоваться водами Аму-дарьи, надо отнести к заключения по докладу проф. Г. К. Ризенкампфа, потому что он об этом вопросе

упоминал и изложил критику этого предположения, а в докладе об изъятии вод Севера в конце прибавлять, что надо использовать еще Аму-дарью, мне кажется нецелесообразным.

Председатель. Считает ли собрание нужным в нашей резолюции отметить Аму-дарью? Пункт исключается.

Еще какие замечания?

В. М. Родевич. Запасы воды северных рек «частью» восполняют расходы воды Волги. Запасы крайне малы и ими можно восполнить только демянскую установку.

Председатель. Пока этот вопрос не разработан окончательно, мы должны принять поправку В. М. Родевича.

В. М. Родевич. Мы точно не знаем, сколько это возьмет.

Председатель. На все потребности придется, может быть, 50% потратить. Мы говорим о Каспийском море, значит ясно, что «частью».

Перейдем теперь к резолюции по докладу Ф. С. Воеводского: «Валдайская проблема и ее связь с реконструкцией Волги».

Первый пункт: «В бассейне Верхней Волги...» (*читает*).

Какие замечания будут по пункту 1?

А. А. Каминский. Мы опять-таки говорим о числах. Едва ли с такой подробностью и с такими деталями этот вопрос был рассмотрен Секцией, и Секция едва ли могла проверить это. Так что было бы проще выразить эту резолюцию таким образом:

«Секция считает, что проект докладчика, имеющий целью то-то и то-то, заслуживает весьма большого внимания и по этому проекту должно получиться то-то и то-то». А так мы говорим о числах, как будто бы они окончательно проверены, а на самом деле Секция заслушала доклад и этим ограничилась.

Председатель (В. М. Родевич). Тут написано: «Около двух миллионов, около полутора миллиардов». Эти «около» проверены. Тут не один автор работал, а целые группы инженеров. Выработка указывает таким образом: «порядка двух миллиардов».

С места. Здесь, где сказано «возможно устройство водохранилища», нужно поставить «намечается устройство водохранилища».

Председатель. Разве это было неопределенно?

С места. Да.

Ф. С. Воеводский. Я бы предложил оставить эти цифры, поскольку они являются не только цифрами, указанными мною, а большинство прошло через ЦЭС. И они в течение многих лет проверялись. Какие могут быть возражения? Тем более здесь говорится «около» или «порядка».

Я целиком присоединяюсь к вашим выводам.

Председатель. Все цифры, которые здесь указаны, имеют оговорку «около» или «порядка». Валдайская проблема проверена.

Мне кажется, что мы тут даем довольно осторожные выражения.

А. И. Фидман. Против последних нескольких строк, которые прочитали в этой резолюции, я бы нисколько не возражал, что «наиболее эффективные из установок по использованию Валдайской воз-

вышенности должны быть включены в первоочередную схему изучения».

Но что касается раньше данных всех этих цифр и чисел, я повторяю, поскольку я этой проблемы не изучал, я был бы принципиально против того, чтобы ставить такие цифры в такой общей резолюции, которая сейчас проводится. Но я бы просил обратить внимание на обстоятельство, что вот уже несколько лет вокруг этого вопроса сосредоточены известные интересы, ведутся работы к сожалению, главным образом камеральные, а, повидимому, ровным счетом ничего не сделано, чтобы приступить к оформлению этого дела при помощи полевых изысканий. Если вы будете в результате решать проблему реконструкции, хотя бы верхушки Волги, вы не будете решать до того момента, пока не получите исчерпывающих полевых данных геологических, географических и топографических и т. д. Так что, по моему, для исчисления эти цифры достаточны. Но для проработки основной реконструкции Волги, конечно, эти цифры могут быть лучше.

Ф. С. Воеводский. А. И. Фидман ошибается в данном случае. Мы имеем по этому району не только десятиверстные карты, но мы имеем съемку почти сплошную в масштабе 100 м. Имеется тысяча погонных километров нивелировок, и некоторые из них носят технический характер. По существу мы изучали этот район в течение почти 10 лет. На это дело в последние 3 года было израсходовано 1 млн. руб. с лишним. Имеется достаточное количество материала, значительно превышающее количество материала, которое имеется по Верхней Волге.

А. И. Фидман. Вот Верхняя Волга меня и смущает.

С места. Я целиком присоединяюсь к заявлению А. А. Каминского и А. И. Фидмана в отношении невключения цифр. Сейчас проводится техническое обследование затопления района Вышнего Волочка и можно сказать, что создание водохранилища емкостью 2.5 млн. м³ почти невозможно. Едва ли это будет рентабельно. В связи с этим я присоединяюсь к тому, чтобы цифры здесь не включать.

Теперь второе положение. Если здесь указывается на незначительное влияние вывода вод на выработку Ярославль — Балахна, то я бы считал необходимым указать на влияние его на Иваньковскую и Угличкую ГЭС, где уменьшение выработки энергии играет первостепенную роль.

Теперь по поводу замечания Ф. С. Воеводского, что мы не располагаем исследовательским материалом. Разрешите сказать, что по Волге проведены исследовательские работы на 3 млн. руб., материал здесь весьма большой.

Председатель (Родевич). Тогда вопрос ставится так: надлежит ли в проекте резолюции указывать размеры водохранилищ или не надлежит. Кто за то, чтобы эти размеры с оговорками «около» или «порядка» были включены, как указано здесь в резолюции?

Александров. Я вообще против всей резолюции в целом.

Председатель. Разрешите все-таки проголосовать. Значит нужно все-таки эти цифры оставить, но с надлежащими оговорками. Кроме тех, которые сделаны около каждой цифры, я думаю еще ставить, указание, которое было здесь сделано.

«В бассейне верхней Волги возможно создать две группы водохранилищ весьма большой емкости...» (*читает*). Значит... «которые намечаются согласно докладам».

Ф. С. Воеводский. Против этого я возражаю. Это прошло через ЦЭС.

Председатель. Но мы не можем отметить «которые намечаются согласно докладам».

Ф. С. Воеводский. Зачем говорить так. Это совершенно точные цифры, я докладывал буквально из метра в сантиметр.

Б. К. Александров. То, что говорит Ф. С. Воеводский, касается водохранилищ Верхней Волги и Селигера, а то, что сказал Гаевский в отношении верховьев Мсты и Вышнего Волочка, тоже правильно.

Председатель. В отношении емкости вы поддерживаете?

Ф. С. Воеводский. Да, поддерживаю.

Председатель. Так что мы оставляем о размерах с известными оговорками. Затем, следовательно может быть, мы всего не будем зачитывать, а окончательные два последних, положения; они таковы: «так как группа гидроустановок,... (*читает*)... реконструкции Волги».

Вот резюме. Я голосую в целом: кто за принятие резолюции с такими последними тезисами? (*Принимается.*)

Ф. С. Воеводский. Если указывать влияние забора воды на выработку Ярославской плотины, то нужно указать и на северное питание.

Председатель. Тут об этом не говорится. Тут указывается емкость водохранилищ, указывается, что это есть резерв энергии для всех соседних районов, указывается качество. Правда, есть такая фраза: «Намеченный сброс воды... (*читает*)... из северных рек». Этот тезис такой, что вообще его можно пропустить, раз он подвергается сомнению. Незачем утверждать много раз, что это будет компенсировано питанием северных рек и что это в незначительной мере отразится; вопрос решен по докладу инж. Никольского.

Ф. С. Воеводский. Этот вопрос обсуждался не только в Гидропроекте, но и в Средволгострое. Результаты подсчета выставлены в соседнем зале. Этот вопрос изучался также в Правительственной комиссии. 35 млн. квтч. для Ярославля убыли, а получается добавочно на демянских установках до 1 млрд. квтч. Это обстоятельство было отмечено: влияние северного питания. Оно, помимо того, что компенсирует недостаток, перекрывает выработку энергии на тех станциях, которые в настоящее время были декретированы.

Председатель. Так как есть возражения, я предлагаю этот пункт исключить, потому что это исключение ничему не вредит.

Кто стоит за то, чтобы раздел «намеченный сброс воды... (*читает*)... из северных рек», сохранить в резолюции? Большинство за то, чтобы этот пункт пропустить. Относительно компенсации от

северных рек там уже сказано, а относительно Ярославской и Балахнинской плотины вопрос гасится тем, что они должны быть изучены.

Есть возражения против резолюции в целом?

Б. К. Александров. Я возражаю.

Председатель. Таким образом резолюция принята при одном возражающем (Б. К. Александрове).

Следующая резолюция по содокладу Б. К. Александрова «Регулирование истоков Верхней Волги — выше Рыбинска»... (*читает.*) Мы предлагали пункт 5 заменить следующим: «Однако, определяемая и пр.» (*читает.*)

Таким образом не закрывается вопрос о демянских установках, потому что мы сравнительно обсуждения не вели; были два доклада, прения были очень краткие, и материал нельзя было рассмотреть, так что этот вопрос предполагается оставить открытым, но поставить на очередь ближайшего разрешения. Прошу по первым четырем пунктам предложений Б. К. Александрова высказаться, потому что там находится все то, что связано с проектом реконструкции Верхней Волги, которую он ведет и по которой проект составлен и вероятно цифры, которые выставлены, обоснованы, как и цифры, указанные Ф. С. Воеводским. Кроме того цифры будут оговорены. Кто желает высказаться по этим четырем пунктам?

С места. Я бы возражал против того, чтобы эти цифры были здесь. Я не предлагаю исключить их совсем, но оговорить, чтобы было видно, что это не проектные цифры. Проектов по Верхней Волге еще не существует; поэтому говорить о том, что там будет такого рода водохранилище и что можно получить такой-то эффект — об этом здесь говорить не приходится. Это не только не было отражено докладчиком, но это не существует в проектных документах. Поэтому я хочу указать на то, что эти цифры предлагается поставить условно «около», «порядка», тем более, что имеются такие сомнительные объекты, как на Мологе.

Председатель. Тогда, следовательно, предложение такое, что в пункте 2 в части Средней Волги намечается столько-то водохранилищ, «общий объем такой-то». Мы напишем «порядка» и затем «по указанию докладчика инженера Александрова». У кого есть замечания по остальным пунктам?

С места. Там было заключение экономического порядка: указывалось, что нет смысла использовать воду на Балтийском склоне.

Председатель. Это в 5-м пункте разрешится.

Председатель (В. М. Родевич). Это пункт 5. Если по 4-му пункту нет возражений, то они будут приняты.

Далее я читаю два проекта 5-го пункта—то, что предлагает Б. К. Александров: «в виду того, что создание на Верхней Волге... (*читает*)... станции». Если он будет принят, то отпадет второй вариант.

Во втором варианте говорится так: «однако, определяемая... (*читает*)... шлюзования».

А. И. Фидман. Я бы предложил выбросить цифру м^3.

Председатель. Хорошо, выбросим.

С места. Как вы понимаете это шлюзование? Это шлюзование от истока Волги до Рыбинска?

Председатель. Указано, что необходимо сплошное шлюзование. Имеется в виду все течение Волги от верхневолжского водохранилища покрыть подпорными сооружениями.

С места. Значит Секция считает совершенно определенной необходимостью регулирование Верхней Волги, так это надо понимать?

Председатель. «Должна быть изучена, в связи с регулированием стока Верхней Волги, в связи с возможностью и пр.» (*читает*).

Если говорится, что проблема должна быть — окончательное изучение в связи с возможностью полного регулирования и перекрытия Волги, то тут объема отрицать не приходится. Так что вы возражаете против пункта 5?

Ф. С. Воеводский. Я не возражаю против того, чтобы это было изучено, но я возражаю против того, чтобы это было указано в категорической форме.

Председатель. Значит, можем остановиться на: «окончательно изучена». Кто за проект резолюции пункта 5, которую предложил инж. Б. К. Александров? (*2 голоса.*) Значит остается пункт в другой редакции, который дает возможность вводить Демянскую установку (*Читает, резолюция принимается*).

Следующая и последняя резолюция, резолюция объединенного заседания Секции водного хозяйства и водного транспорта и энергетики от 29 ноября до докладам: С. В. Бернштейн-Когана, Струнникова, Михайлова и Сиверцева. Разрешите зачитать эту резолюцию. (*зачитывается резолюция.*)

Есть какие-нибудь замечания или дополнения по этой резолюции?

Спальтинг. Я предлагаю в пункт 9 включить еще одно положение: «Изучить вопрос о всемерном увеличении пропускной способности многокамерных шлюзов путем приложения электрифицированной механической тяги взамен буксирной».

Этот вопрос имеет очень большое значение, многокамерные шлюзы являются очень дорогими сооружениями и нужно, конечно, их всемерно использовать.

Председатель. Об этом говорилось в докладе?

С. В. Бернштейн-Коган. Об этом я в докладе не говорил, потому что об этом сказано в печатных тезисах, но по существу это совершенно правильно.

Председатель. Если возражений нет, тогда мы это добавление принимаем.

С места. Что такое гидрометрическая скорость?

С. В. Бернштейн-Коган. Нам обычно дают среднюю скорость потока в данном створе, а судоходству приходится иметь дело не с этими скоростями, а со скоростью на стрежне на поверхности.

Председатель. Лучше сказать: «Со средней скоростью». Нет возражений против экономической резолюции? Принято.

(*По принятию всех резолюций заседание закрывается.*)

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

ЗАСЕДАНИЕ 26 НОЯБРЯ 1933 ГОДА.

Председательствует акад. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг.

Председатель. Слово для доклада на тему «О новейших движениях земной коры между Нижней Волгой и р. Уралом, в связи с изменениями уровня Каспийского моря» предоставляется П. А. Православлеву.

П. А. ПРАВОСЛАВЛЕВ

О НОВЕЙШИХ ДВИЖЕНИЯХ ЗЕМНОЙ КОРЫ МЕЖДУ НИЖНЕЙ ВОЛГОЙ И Р. УРАЛОМ, В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Можно смело утверждать, что в течение всего послетретичного периода в понтокаспийской области совершались местные и общие деформации земной коры, в комбинации с самостоятельными колебаниями уровня, естественными в таких изолированных бассейнах, каков Каспий и каким был Эвксин до весьма недавнего времени. (Н. И. Андрусов, Ежегодник по геологии и минералогии России, т. 7, 1905, стр. 14).

При взгляде на гипсометрическую карту юга Европейской части СССР, бросается в глаза обширная депрессия, протянувшаяся к северу от Каспийского моря. Она ограничена с западной стороны высоким склоном Ергеней и нагорным берегом р. Волги, между Сталинградом и Саратовом; с восточной стороны уступом степного плато Южного Приуралья и на севере Общим Сыртом. С южной стороны ее границей является береговая линия северной части Каспийского моря. Представляя, в общем, низменную степную равнину, полого снижающуюся в сторону Каспия, эта площадь на значительном протяжении лежит ниже уровня океана. Лишь на севере она несколько возвышается над нулевой горизонталью; ее южная окраина едва выступает над уровнем Каспийского моря, принимаемого равным —26 м, и полого уходит под воду, сливаясь с равнинным дном мелководного Северного Каспия. Вместе с закаспийско-приаральской низиной и впадинами Каспия и Аральского моря, с геологической точки зрения она представляет, писал А. Гумбольдт, «страну-кратер, как Клавиус, Шикар, Буссенго и Птолемей на поверхности луны».[1]

Среди этой равнинной низины островками выступают отдельные небольшие возвышения: Улаган 69.15 м, Б. Богдо 148.8 м, М. Богдо 39.1 м, Чапчачи 14.9 м, Бисчохо 40—50 м (?), Индерские горы около 60 м и ряд менее высоких, но в общем рельефе степи заметных, полого-волнистых возвышений. Они соседят, обычно, с более или менее значительными западинами; некоторые, как Улаган, Б. Богдо, Бисчохо, Индерские горы, ограничивают глубокие впадины, заполнен-

[1] A. Humboldt, Central Asien, 1, 56.

ные солью и соляными озерами; около других протянулись обширные, неправильного вида впадины, с соленой грязью — хаки. На востоке эта равнина несет широко раскинувшуюся отрицательную низину разливов рр. Узеней, Кушума и р. Урала; на западе она отделяется от Ергеней впадиной Даван, южным концом уходящей к Каспийскому морю. На юге на ее поверхности проходят кулисные ряды своеобразных эллиптических куполовидных возвышений, так наз. бугры Бэра, разделенные понижениями, заполненными мочажинами, протоками, озерами или же ильменями. Того же типа бугристость продолжается на дне Северного Каспия. «Берега Северного мелководного Каспия до линии Чечень — М. Тюбкараган, читаем в лоции Каспийского моря, полого спускаются в воду и образуют множество подводных кос (рифов), отдельных мелей, замечательных забурунний и, наконец, банок, возвышающихся над водою в виде островов, в таком множестве разбросанных у северной окраины, что не знаешь, где их начало и где граница материка, к ним прилегающего... Северный Каспий настолько мелководен по всему пространству, что в случае обмеления на 12 саж. (25.6 м), дно его слилось бы незаметно с астраханскими и киргизскими степями, преобразовав свои острова и банки в песчаные горы и бугры».[1]

В геоструктурном отношении указанная площадь, как известно, представляет глубоко опустившийся участок земной коры, опоясанный с западной и восточной сторон выходами палеогеновых и мезозойских горных пород; в южном направлении, как сказано, она уходит под воды Каспийского моря. Сверху эта депрессия покрыта плиоценовыми и постплиоценовыми осадками Каспия, частью речными и субаэральными образованиями. Высота вертикального смещения опустившейся глыбы остается неизвестной. Принимая во внимание, что окаймляющие впадину выходы палеогеновых и мезозойских горных пород лежат на высоте около 150—200 м (Ергени —150 м, Сталинград — Саратовское правобережье Волги —150—200 м, Общий Сырт —150—200 м, Приуралье —150—200 м), мы должны принять высоту смещения во всяком случае больше 100 м. Буровые скважины, в разное время заложенные на данной площади, — на севере в районе низовья Узеней (213 м), на Н. Волге (с. Каменный Яр 213. 4 м), на юго-западе около колодцев Адык (365 м), около Можарского озера (205 м), Састинского озера (143 м) и др. не вышли из толщи покрывающих ее верхнеплиоценовых осадков Каспия. Лишь буровая скважина «Востокнефти» в Астрахани 1931 г. прошла всю толщу этих осадков и на глубине 631.5 м от поверхности, или около —650 м абс. выс., встретила кровлю опустившейся глыбы, представленную здесь размытой поверхностью верхнего мела. Таким образом, для южной окраины площади вертикальное смещение глыбы намечается порядка 700—800 м (150+650).

Однако, судя по тому, что на поверхности данной площади, среди покрова из рыхлых песчано-глинистых пород четвертичного периода,

[1] Филиппов. Морская география Каспийского моря, стр. 61, 63; 254—258; ср. Пушин, Каспийское море, стр. 14—19 и др.

островками выступают относительно более жесткие, обычно, изломанные пласты палеогена, мезозоя, и, частью, палеозоя, как, например, в районе Каменного Яра (р. Н. Волга), Елтона, Баскунчака, М. Богдо, Чапчачи, Бисчохо, Худай Бергена, Индера и др. — следует думать, что не все участки опустившейся глыбы находятся на одинаковом высотном уровне. В одних местах она образовала выступы, более или менее перебитые сбросо-сдвигами (Елтон, Баскунчак, М. Богдо, Чепчачи, Бисчохо, Худай Берген, Индерские горы и др.); в других она, видимо, разбита грабенами, так сказать, 2-го порядка, как это имеем в районе оз. Баскунчакского (—18 м), оз. Елтонского (—17.5 м), оз. Индерского (—17.3 м), Биш-Уба и др. Поэтому перекрывающие впадину верхне-плиоценовые и постплиоценовые горные породы не везде имеют одинаковую мощность. Достигая на юге площади, в районе г. Астрахани, 631.5 м, на севере, в районе Н. Узеней (Гайсинская оброчная статья) и на р. Волге, около Каменного Яра, более 213 м, на юго-западе, около Адык, более 365 м, около оз. Можарского более 205 м и т. д., они утоняются и сходят на-нет с приближением к упомянутым выступам более древних горных пород Каменного Яра, Баскунчака, Елтона, М. Богдо, Чапчачи, Бисчохо, Худай Берген, Индера и др.

II

Рассмотрим вкратце, какими осадками и в какой стратиграфической последовательности заполнена сверху эта впадина.

Насколько в настоящее время известно, наиболее геологически древними на ней осадками являются осадки акчагыльского яруса. Принимается, что впадина впервые обособилась к началу акчагыльского века, и воды тогдашнего Каспия широко в неё распространились, заняв всю область между Ергенями и теперешним нагорным правобережьем р. Волги на западе, Общим Сыртом на севере и Приуральским плато на востоке. В северном направлении это море давало, сравнительно, узкий залив, который вдоль теперешней приволжской депрессии доходил на севере почти до Казани, покрывал Самарское и Казанское Заволжье, и в бассейне Камы и Белой достигал почти Уфы и Стерлитамака. В Астраханском районе упомянутая буровая скважина «Востокнефти»[1] (фиг.) встретила подошву акчагыльских осадков на глубине 631.5 м от поверхности, или около 625 м ниже современного уровня Каспийского моря. Они покоятся здесь на размытой поверхности верхнего мела представлены зеленовато-серой мергелистой глиной, с раковинами, *Cardium aff., Schimkievici* Andr., *Mactra subcaspia* Andr., *Mactra miserabilis* Andr., *Dreissensidae, Potamides, Hyalina, Foraminifera* (*Textularia*), *Ostracoda* (*Bairdia, Loxoconcha, Lymnicythere*) и др., в основании несут продукты размыва мелового ложа и достигают мощности 80.5 м. Того же типа осадки акчагыльского моря, как известно, констатированы и в более северных районах впадины, — в низовьях Узеней

[1] Пользуемся описанием скважины у А. А. Богданова, Новые данные по стратиграфии плиоценовых и постплиоценовых отложений Н. Поволжья (из материалов Нефт. геолого-развед. института, 1933).

(Гайсинская оброчная статья), в Самарском Заволжьи, в районе Жигулей, в бассейне Камы и Белой и др. Они покоятся там местами также на размытых пластах меловой системы, местами на поверхности палеогена, юры, палеозоя и др. В некоторых местах, между ними и кровлей впадины, залегают песчанистые осадки типа речных и озерно-речных отложений, частью суглинки делювиального типа и болотно-илистые образования. Можно думать, что распространявшиеся акчагыльские воды перекрыли здесь предшествовавшие образования субаэрального происхождения, а также осадки той древней речной сети, которая, быть может, пересекала данный район и открывалась на юге в доакчагыльский Каспий. Как известно, Батурин, Ковалевский и др. указывают на вероятность существования здесь Палео-Волги, дельта которой в бабаджанское время верхне-понтического века на юге почти сливалась с дельтами Палео-Самура, Палео-Чегана и др., и затем постепенно отодвигалась к северу, уступая место надвигавшимся с юга водам акчагыльского Каспия.

Поверх указанных осадков акчагыльского века, в астраханской скважине встречена свита слоев апшеронского яруса, мощностью 436.5 м. В ней можно различить три отдела: нижний 100 м, средний 243.5 м, верхний 93 м. Нижний отдел внизу начинается осадками наземно-лагунского типа, представленными серией зеленовато-серых, частью песчанистых известковых глин, с остатками травянистых стеблей и раковинами *Ostraco a*; они достигают мощности 47 м. Кверху эти осадки сменяются того же типа глинистыми породами, но содержащими уже солоноватоводные каспийские раковины нижне-апшеронского habitus'a: *Monodacna, Gastropoda, Dreissensidae* и др.; они имеют мощность 53 м. Средний отдел также начинается лишенными каспийско-морских форм осадками, из темноокрашенных неизвестковистых песков и песчаных глин, с редкими обломками раковин *Ostracoda* и остатками растений наземно-болотного типа. *Scirpus cyperinus* (ныне обитатель болотных лугов Сев. Америки), *Carpolitus* sp., однодольными травами и пр.; они достигают мощности 151.5 м. Вверху эти осадки сменяются свитой известковых песчаных глин, — темного, зеленоватого и буровато-сераго оттенков, с остатками типично-апшеровских солоноватоводных раковин: *Apscheronia raricostata* Andr., *Apsch. euridesma* Andr., *Monodacna nitida* Andr., *Dreissensia carinatocurvata* Sinz. и др. Они достигают мощности 91 м и кверху, повидимому, без перерыва переходят в свиту пластов верхнего отдела апшерона, представленных темнозелеными и синевато-серыми неизвестковыми глинами, с обильными остатками раковин: *Monodacna Sjögreni* Andr., *Mon. laevigata* Andr., *Didacna intermedia* Andr., *Dreissensia rostriformis* v. *subgibba* Andr., *Dr. anisoconcha* Andr. и др. Мощность верхнего отдела апшерона достигает 93 м.

Того же типа апшеронские осадки, как известно, широко распространены и в других районах Севера прикаспийской впадины. Буровыми скважинами они встречены в Приманычском районе (оз. Састинское, оз. Можарское, Адык и др.), на Н. Волге около Каменного Яра, в низовьях Узеней и др; в естественных выходах они отмечены также

Фиг. 1. Буровая скважина Востокнефти в 1931 г.

в различных местах Н. Заволжья и низменной Калмыцкой степи — в урочище Кок-Домбай (20 км к северу от Бисчохо), ур. Кайнар-Тюбе (30 км к северо-востоку от Чапчачи), ур. Каргале (30 км к юго-востоку от Урды, или Ханской ставки), ур. Алтан-Бай Арал, уроч. Набек-сор, уроч. Джаман Чулан; Бузгуй (Калмыцкая степь), а равно около выходов более древних горных пород, — у Елтонского озера, Б. Богдо, М. Богдо, Чапчачи и др. В буровых скважинах Приманычского района мощность апшеронских осадков, повидимому, превышает 300 м, причем по типу, в общем, они приближаются к таковым в астраханском районе. В лучше изученной адыкской буровой скважине они также показывают, в виде прослоя галечников и пр., по крайней мере два перебоя в ходе осадочного процесса: один на глубине около 5 м, другой около 51 м от кровли данной толщи.[1] В упомянутых естественных выходах эти осадки, обычно, представлены преимущественно слоями верхнего и, частью, среднего апшерона; их поверхность более или менее эродирована.

На постели из пластов апшерона в астраханском районе покоится свита слоев бакинского яруса, мощностью до 60 м. Они представлены глинистыми известковыми осадками, темно-синевато-серого цвета, с раковинами: *Didacna rudis* Nalivk., *Did. Baeri* Grimm., *Did. catillus* Eichw., *Dreissensia*, *Neretina* и др., а также *Ostracoda* тех же форм: *Cytheridea* Mülleri, *Bardia candidae* и др., как в нижележащих апшеронских слоях; кроме того отмечено присутствие раковин *Foraminifera* (*Rotalia beccarii*), чего в здешних апшеронских осадках не наблюдалось. Того же типа глинистые породы, местами, выступают в виде размытых горбов в березовых обрывах по Нижней Волге; они же отмечены в различных пунктах Нижнего Заволжья, — в урочище Азау (75 км к северу-востоку от Астрахани), около Бисчохо, Баскунчака, ур. Алтан-Бай Арал и др. Если в буровых скважинах в астраханском районе они пластуются без заметного перерыва и согласно с апшеронскими осадками, то в естественных выходах в Нижне-Заволжской степи, в большинстве случаев, они трансгрессивно налегают на размытые толщи апшерона. В астраханских скважинах подошва бакинских слоев покоится на 108, кровля на 50—60 м ниже уровня Каспийского моря.

Бакинские осадки в астраханском районе кверху сменяются осадками, так называемого, сингильского яруса. В буровых скважинах «Востокнефти» и др. они представлены чередующимися слоями темно-серых и зеленоватых глин и песков, мощностью около 25 м, которые по простиранию, повидимому, часто и быстро переходят одни в другие. Они несут довольно скудную фауну солоноватоводных каспийских раковин, с формами *Didacna prae rigonoides* Nalivk. средней величины; вверху показывают массовое распространение раковин *Ostracoda*, — повидимому, совершенно или почти отсутствующих в нижней части этого яруса. В береговых обрывах по Н. Волге, а равно в низовьях Узеней и р. Урала, размытые горбы того же типа темно-синих

[1] См. Ф. Ф. Голынец. Геологические исследования в Калмыцко-Сальских степях. Тр. Нефт. геолого-разв. инст., 1932.

и зеленовато-серых пластичных глин, обычно, показывают прослои лугового торфа, с раковинами *Sphaerium solidum*, *Sph. corneum*, *Pisidium*, *Valvata*, реже мелкие каспийские *Adacna*, *Dreissensia* и др., иногда более или менее значительные толщи песчаных глин болотно-речного и субаэрального типов, с раковинами *Unio*, *Anodonta*, *Paludina*, *Valvata*, *Sphaerium*, *Pisidiium*, *Limnaea*, *Succinaea*, etc., остатки кустарниковой и, реже, древесной растительности, кости крупных наземных позвоночных *Elephas*, *Rhinoceros*, *Bos*, *Cervus* и др. Местами свита покрывается толщей красновато- и кирпично-бурых глин, с обильно рассеянными кристалликами гипса и пр. («астраханский горизонт»).

Выше сингильских слоев в буровых скважинах астраханского района следует того же типа, что и сингильские, серии темно-серых и зеленоватых, часто перемежающихся слоев песчаных глин и песков, мощностью до 15 м, с остатками мелких раковин, типа ныне живущих в Каспийском море *Monodacna*, *Didacna*, *Dreissensia*, *Neritina*, *Micromelania* и др. Они образуют так называемый косожский ярус. В естественных выходах по Н. Волге толща этого яруса внизу начинается песчаными осадками, переполненными известково-песчанистыми гальками, обломками раковин крупных кардид и продуктами размыва пород подстилающего ложа: кверху они показывают иловато-песчаные слои с фауной *Adacna*, *Monodacna*, *Dreissensia*, *Lithogliphus*, *Neritina*, *Valvata*, *Paludina*, *Unio*, *Sphaerium*, *Pisidium* и др., типа ильменей и волжского прибрежья современного Каспия, а также остатки болотно-приречного типа, с раковинами *Anodonta*, *Paludina*, *Valvata*, *Sphaerium*, *Limnaea*, *Pisidium*, с остатками растений, костями *Bos*, *Elephas*, *Rhinoceros*, *Cervus* и др. Того же типа образования и, примерно, в аналогичных условиях залегания, наблюдаются также в районе низовья Узеней и по р. Н. Уралу.

Как известно, после осадков косожского времени, в северо-прикаспийской впадине отлагались осадки хазарского и хвалынского ярусов, а также послехвалынские образования. В естественных выходах по р. Н. Волге, а равно по рр. Уралу и Н. Узеням, осадки хазарского яруса представлены преимущественно песчаными и песчано-глинистыми образованиями. Обычно, они трансгрессивно покоятся на более или менее значительно размытой поверхности перекрытого ими ложа, в подошве несут галечно-конгломератовые образования, среди которых, вместе с обломками из различных, главным образом, глинистых пород ложа, местами наблюдаются также более или менее обильные скопления обломков костей крупных наземных позвоночных (*Bos, Camelus*, *Equus*, *Cervus*, *Bison*, *Elephas*, *Rhinoceros*, *Felis*, etc.), куски древесины и пр. Как известно, в районе Елтонского и Баскунчакского озер в составе таких галечников оказались «глыбы плотного, как бы кремнистого известняка, с остатками девонской фауны, а также мелкие формы одиночных кораллов, галечки кристаллических пород как гранитного типа, так и основных; обломки известняка оолитового строения»;[1] по р. Уралу (в районе Уральска и выше) местами значительные ско-

[1] А. Н. Семихатов, Изв. Геол. ком., т. 48, 130, 1929.

пления галек и окремнелых пород Южного Урала. В Камышинском Заволжьи буровые скважины в подошве хазарских отложений обнаружили галечные накопления типа ледникового валунника.[1] Кверху осадки хазарского яруса несут раковины более или менее опресненного каспийского типа, с преобладанием форм *Adacna* и обильною подмесью раковин *Unio, Sphaerium, Paludina, Limnaea, Limnaeus, Hydrobia* и др. Вверху они показывают местами более глинистые осадки, с прослоями каспийских ракушников из форм *Didacna, Monodacna, Adacna, Dreissensia* современного каспийского habitus'а, обычно незначительных размеров и с очень тонкой раковиной, чаще синевато-серой окраски. Кверху слои хазарского яруса последовательно сменяются субаэральными и наземно-лагунными образованиями, так наз. ательского времени. Мощность хазарского яруса в естественных выходах редко превышает 20—25 м.

Хвалынские осадки Каспия широким плащем покрывают поверхность почти всей Северо-Каспийской впадины, начиная от берега Каспийского моря. В Низовом Поволжьи они трансгрессивно перекрывают размытую кровлю хазарского яруса, в большинстве случаев начинаются песками и песчаными образованиями, в подошве нередко показывают включения песчано-глинистых галечек, из пород перекрытого ложа, иногда одиночные кости *Elephas primigenius* и др. наземных позвоночных; местами, осадки с хвалынскими формами каспийских раковин в вертикальном направлении сменяют наземно-лагунные образования, с остатками болотно-камышевой растительности и наземно-пресноводными раковинами *Planorbis, Limnaeus, Limnaea, Succinea, Pisidium* и др. Кверху обычно они показывают более глинистый состав, несут прослои ракушника с каспийскими формами *Didacna, Monodacna, Adacna, Dressensia* типа обитающих ныне в Каспийском море, и покрываются песчано-глинистыми осадками, со следами угасания водно-каспийского режима, и затем субаэральными образованиями. Верхняя граница хвалынских осадков, как известно, поднимается до 65—70 м абс. выс.; в равнинной Волго-Уральской степи их кровля лишь в отдельных случаях лежит выше 30—35-метровой горизонтали.

В южной, пограничной с современным Каспием пониженной части Северо-Прикаспийской впадины, едва возвышающейся над его уровнем, на поверхности раскинулись кулисно расположенными рядами, так называемые, бугры Бэра, в виде эллиптически вытянутых куполовидных возвышений, длиною от 0.5 до 3.5 км, при ширине 0.5—1 км и высоте до 15—20 м и более. Такого же типа бугры возвышаются на некоторых островах в прибереговой полосе Северного Каспия; морфологически сходные возвышения, в виде подводных коротких увалов, указываются также на дне мелководного Северного Каспия, примерно до 45°10′ с. ш. на юге; особенно часты они поблизости Волжской дельты. Помимо дюнных и, частью, барханных бугров, в строении некоторых лучше сохранившихся Бэровских бугров удается различить три свиты слагающих их глинисто-песчанных осадков.

[1] Устное сообщение проф. Б. А. Можаровского.

Нижняя, геологически более древняя, или так называемая кемрудская свита представлена, обычно, коричнево-бурыми глинистыми песками, с каспийскими раковинами *Cardium, Adacna, Dreissensia* или их обломками; в большинстве случаев они несогласно пластуются поверх размытых пластов хвалынского яруса. Кровля этой свиты, обычно, более или менее размыта и перекрыта красновато- и желтовато-бурыми глинистыми песками, так называемой, джорджанской свиты. Последняя, обычно, имеет более песчаный состав, несет остатки каспийских раковин того же типа и состава, что и в кемрудских осадках; в подошве, местами, показывает следы перекрытых отложений из опресненных вод и, частью, субаэральные образования; в кровле, местами, — имеет черты дюнного характера.

Указанные осадки кемрудского типа прослеживаются к северу от современного Каспия, примерно, до широты с. Харбали (Енотаевский район Астраханского края), и почти не поднимаются выше нулевой горизонтали; джорджанские отложения, повидимому, располагаются несколько южнее и также не выходят за пределы отрицательных высот.

По склонам южных гряд Бэровских бугров обе названные свиты осадков, кемрудская и джорджанская, обычно, плащеобразно облекаются желтовато- и грязновато-бурыми песчаными, местами иловатыми, осадками так наз. саринской свиты. Они несут остатки смешанной, пресноводной и солоноватоводной каспийской раковинной фауны, типа современных придельтовых участков северного Каспия; местами, в подошве показывают следы перекрытых почвенно-субаэральных образований, иногда остатки культурных слоев. Наиболее поздние, или покровные слои саринских отложений, обычно, полого переходят в аллювий современных прикаспийских ильменей и протоков Волжской дельты, которыми разделены названные бугры.

В большинстве случаев саринские осадки не поднимаются выше 10 м над уровнем современного Каспия; образованные ими шлейфы около бугров представляют вторую, или нижнюю надпойменную террасу на прибереговой полосе Северного Каспия и, в большинстве случаев, едва поднимаются на 8—9 м над его уровнем. Наиболее южная, приманычская группа Бэровских бугров в саринских осадках, вместе с раковинами обычного для приволжских бугров состава, несет также раковины типичных *Cardium edule* L. (v. *rusticum*) средиземноморского типа.

Как видим, выполняющая Северо-Прикаспийскую впадину толща песчано-глинистых осадков представляет сложную серию чередующихся образований, — то солоноватоводных каспийского типа, то более или менее опресненных или даже наземно-лагунных, частью субаэральных. Они свидетельствуют о том, что обозначившаяся к началу акчагыльского века прикаспийская депрессия пережила в последующее время ряд последовательных затоплений и осушений от вод древнего Каспия, или ряд трансгрессий и регрессий, т. е. положительных и отрицательных перемещений береговой линии этого моря.

Легко различить следующие основные моменты этих перемещений.

1) Затопление площади водами акчагыльского моря, перекрывшими здесь частью размытые верхне-меловые, частью палеогеновые, мезозойские и палеозойские горные породы, а равно предшествовавшие субаэральные и приречные образования, повидимому, древней системы Палео-Волги. Море это, судя по характеру оставленных им осадков, достигало значительной глубины, в южной части затопленной впадины дало толщу 80.5 м отложений. Северной границей оно заходило, вдоль теперешней приволжской депрессии, почти до Казани, и затем сдвинуло ее на юг от современного устья р. Волги. В районе последнего, на месте ушедших солоноватых вод моря, происходит накопление отложений субаэрально-лагунного типа, образовавших толщу 47 м мощности.

2) Новое затопление площади — на этот раз водами апшеронского моря. Солоноватые воды из котловины древнего Каспия снова надвинулись в область Прикаспийской впадины и перекрыли в Астраханском районе субаэрально-лагунные образования послеакчагыльского времени. Они дали здесь свиту солоноватоводных осадков, 51 м мощностью, с раковинами нижне-апшеронского типа, и затем отошли к югу, освободив астраханский район для новых накоплений субаэрально-лагунных отложений, достигших мощности 151.5 м.

3) Повторное затопление Прикаспийской впадины водами апшеронского моря, продвинувшего свою северную границу по крайней мере до бассейна Узеней и окраины Общего Сырта. В астраханском районе море перекрыло наземно-лагунные образования предшествовавшего древне-апшеронского времени, и отложило сначала свиту известковистых песчаных глин, мощностью 91 м, с солоноватоводной каспийской фауной среднего апшерона; затем свиту неизвестковистых темно-зеленоватых и синевато-серых глин, мощностью 93 м, с каспийскими раковинами верхнего отдела апшеронского яруса.

4) Распространение в области Прикаспийской впадины солоноватых вод бакинского моря. К северо-западу и северо-востоку от Астрахани осадки этого моря трансгрессивно перекрыли смятые в пологие, короткие складки пласты апшеронского яруса; в астраханском районе, судя по кернам из буровых скважин, они пластуются согласно с последними, но несут резко отличную фауну, в общем близкую к современной каспийской. Мощность их здесь достигает 60 м.

В буровых скважинах Астраханского района бакинские осадки кверху сменяются литологически сходными темно-серыми и зеленоватыми глинами и песками до 25 м мощности, с редкими, сравнительно, малорослыми раковинами каспийских моллюсков; в верхах толщи наблюдается массовое распространение *Ostracoda*, отсутствующих в нижнем отделе. В кровле вся эта серия в Нижнем Поволжьи несет прослои лугового торфа и покрывается наземно-лагунными, частью субаэрально-приречными образованиями так наз. сингильского и, затем, астраханского времени, что свидетельствует о новом уходе из данной области каспийских солоноватых вод и об ее переходе к сухопутно-лагунному режиму.

5) Новое затопление Нижнего Поволжья солоноватыми водами Каспия происходит в так наз. косожское время. В Астраханском районе эти воды сменяют предшествовавший режим массового распространения *Ostracoda* и отлагают свиту часто чередующихся темно-серых и зеленоватых глин и песков, мощностью до 15 м, с мелкими формами современного типа каспийских раковин *Didacna*, *Monodacna*, *Dreissensia*, *Neritina* и др.; в Нижнем Поволжьи они затопляют прежние субаэральные и наземно-лагунные накопления и дают песчанистые и иловато-песчаные осадки, с фауной типа современных сильно опресненных каспийских ильменей. В естественных выходах по Волге эти осадки, обычно, показывают кверху быстрое зайление и сменяются образованиями наземно-лагунного характера, местами с обильными остатками кустарниковой, частью камышевой и древесной растительности, костями наземных позвоночных и пр., что свидетельствует о новом уходе отсюда солоноватых вод Каспия, или об отрицательном смещении его береговой линии.

6) В хазарский век вся площадь Нижнего Поволжья снова подвергается затоплению водами Каспия. Они трансгрессируют сюда поверх размытых и эродированных косожских и др. слоев, видимо предшествуемые с севера потоками талых и др. метеорных вод, катившихся к Каспию со стороны соседних снежно-ледниковых покровов, и показывают значительно опресненный характер, с фауной типа современного приволжского взморья Каспия. Достигая, обычно, незначительной мощности, редко больше 15—20 м, эти осадки кверху сменяются наземно-лагунными и субаэральными образованиями ательского времени, что снова говорит об освобождении площади от вод Каспия, об отрицательном смещении его береговой линии.

7) Новое затопление Нижнего Поволжья происходит в так наз. хвалынский век. Воды Каспия широко распространились по всей Прикаспийской впадине, трансгрессивно перекрыв на ней ательские и др. субаэральные и наземно-лагунные накопления, отложили свиту осадков 5—10 м мощности, редко более, и постепенно снова вошли в пределы, близкие к современным очертаниям Каспия, освободив площадь приволжской депрессии для деятельности субаэральных агентов.

8) Послехвалынские подвижки северной береговой линии Каспия, повидимому, захватывали уже лишь наиболее низко расположенные и соседние с морем участки Прикаспийской депрессии. Они запечатлелись, в так наз. Бэровских буграх. Различаем положительные и отрицательные перемещения северной береговой линии Каспия: а) в кемрудское время, когда береговая линия солоноватых вод Каспия в низовьях Волги заходила на север по крайней мере до широты с. Хорбали (47°20′ с. ш.) и затем сместилась на юг от Астрахани; б) в джорджанское время, когда те же воды снова продвинулись на север, в область Нижнего Поволжья, и затем опять отошли далеко на юг от Астрахани; в) в саринское время, когда воды Каспия ненадолго затопили низины его северного и северозападного побережья, в Манычском районе приняли мигрировавших из Азовско-Черноморского

водоема представителей средиземноморских форм *Cardium edule* L. и др. и, затем, вошли в нынешние границы Каспия.

III

Естественным является вопрос: чем, какими причинами вызывались эти своеобразные перемещения береговой линии Каспия в сторону Северо-Прикаспийской низменности?

Имея в виду, что с конца понтического века Каспийская область находится в условиях безысточной внутриматериковой впадины, воды которой лишь временно вступали в соединение с аналогичной впадиной Азовско-Черноморского бассейна, естественной является мысль — искать решение поставленного вопроса в условиях менявшегося водного баланса в Каспийском бассейне. Известны те крупные климатические изменения, которые переживала окружающая Каспийскую область территория СССР в четвертичный период и, частью, в конце третичного периода. Века похолоданий, когда массы метеорной воды в значительной мере задерживались на возвышенных участках суши в связанном состоянии, в виде снега и пр., и когда от снеговых полей антициклонально скатывались по направлению к непокрытым ими участкам холодные иссушающие потоки воздуха, — эти холодные века сменялись более или менее продолжительным временем потепления климата, когда связанные перед тем снежно-ледниковые массы воды на суше снова переходили в водно-жидкое состояние, гидрографическая сеть оживала и более или менее значительно обновлялась. Для позднейших этапов в геологической истории Земли, как известно, различают, по крайней мере, четыре таких цикла похолоданий и потеплений климата: 1) гюнцский, 2) миндельский, 3) рисский и 4) вюрмский. Имея в виду кривую последовательных изменений таких астрономических элементов, как наклон эклиптики Земли, изменение эксцентрицитета земной орбиты, прецессии и др., в пределах каждого из названных циклов можно предполагать ряд менее продолжительных, по времени, и различных по амплитуде климатических подциклов, о которых так красноречиво говорят подсчеты Пильгрима (Pilgrim),[1] известная кривая Миланковича и др. Для вюрмского, например, климатического цикла это будут так наз. готская, датская и финская фазы в Северной Европе; бюльская, гшницкая, даунская в Альпийской горной области и пр. Такие же подциклы, стадии или фазы, как известно, в последнее время американские ученые пытаются различить для территории Северной Америки также среди более ранних, до-вюрмских климатических циклов.

Мы не будем здесь входить в рассмотрение возможных сопоставлений и хронологических увязок между этими климатическими циклами и подциклами, с одной стороны, и указанными следами трансгрессий и регрессий древнего Каспия, с другой. Несомненно, все подобного рода климатические колебания должны были отражаться на

[1] Versuch einer rechnerischen Behandlung d. Eiszeitproblems. Jahreshefte d. Vereins f. vaterländ. Naturkunde in Würtemberg. B. 60, 1904.

водном балансе в безысточной Каспийской области и, следовательно, на водном уровне самого Каспия. Больше того, если принять, что основные условия рельефа и гипсометрии в Каспийской области со времени акчагыла остаются стабильными, с некоторой долей вероятности можно было бы уже á priori рассчитать — где, в каких районах Прикаспийской низменности надлежит ожидать положение береговой линии Каспия при том или ином изменении его водного баланса.

Но стабильны ли эти условия, не изменялись ли они более или менее существенным образом в течение прослеженных выше перемещений северной береговой линии Каспия, начиная с акчагыльского века?

Должно признать, что в нашем распоряжении пока не имеется достаточного количества прочно установленных фактов, чтобы браться за рассмотрение указанного вопроса, во всем его объеме. Отметим бегло лишь некоторые вехи для его освещения.

Мы видели выше, что в астраханском районе подошва акчагыльских солоноватоводных осадков покоится на глубине 625 м и кровля 544.5 м ниже уровня современного Каспия. Между тем, осадки с акчагыльскими раковинами, как известно, поднимаются в долине реки Мочи до высоты не менее 160 м, у Самарской Луки до 130 м, в Казанском Закамье до 175 м, близ Черемшанской крепости 171 м и т. д., или вообще в Среднем Поволжье — до высоты 180—200 м, выше современного уровня Каспия. В то же время на восточном побережьи Каспийского моря они поднимаются на Красноводском плато до 320 м, на западном побережье около Дербента 427 м над уровнем Каспия.[1] Без предположения значительных вертикальных перемещений отдельных участков на площади бывшего распространения акчагыльского водоема едва ли можно увязать эти высотные отметки с указанным положением акчагыльских осадков в Астраханском районе, тем более, что на Красноводском плато, около Дербента в Грозненском районе, а равно, как известно, почти по всему западному побережью Каспия и, частью, в Нижнем Поволжьи (оз. Сакрыл и др.), акчагыльские слои в большинстве случаев явственно дислоцированы. Некоторые из этих дислокаций произошли, несомненно, до начала развития здесь апшеронского водоема. Так, например, на Челекене апшерон несогласно перекрывает разбитые сбросом, так называемые, «рыбные пласты» акчагыла. «Возможно, пишет Н. И. Андрусов, что подобное явление имело место и в других участках б. апшеронского моря, что они стояли в известной связи с той регрессией апшеронского бассейна, которая ясно усматривается из сравнения областей распространения акчагыла и апшерона».[2]

То же самое следует иметь в виду относительно слоев апшеронского яруса. Если в Астраханском районе они покоятся, как сказано, на глубине 108—544.5 м ниже уровня современного Каспия и на такой же, примерно, глубине они встречены в Нижне-Волжской степи (Састинское и Можарское озера, Адык, Арзгирский район и др.), то

[1] Н. И. Андрусов. Акчагыльские пласты. Тр. Геол. Ком., 1902.
[2] l. c. стр. 279.

в той же степи, местами, они выступают на дневную поверхность в виде куполовидных возвышений, — у Бузгуя (Н. Калмыцкая степь), в урочище Кок-Домбай (верхний апшерон), Кайнар-Тюбе (средний апшерон), Каргале (верхний апшерон), Алтан-Бай-Арал (верхний апшерон), Джаман-Чулан (средний апшерон), Назбек-Сор[1] и др. Равным образом, они сопровождают выходы приподнятых свит палеозоя, мезозоя, палеогена и др. около возвышенностей Чапчачи, Б. Богдо, М. Богдо, Улаган, Каменного Яра (на Нижней Волге) и др. Едва ли нужно напомнить о тех значительных высотах, на которых встречаются апшеронские осадки по Кавказскому побережью Каспия, а равно о тех сложных деформациях, которые наблюдаются в других местах их выхода, чтобы согласиться с тем, что территория бывшего апшеронского водоема в Каспийской области претерпела значительные тектонические нарушения. Последние происходили как во время распространения, так и во время угасания этого водоема. «Едва ли было бы ошибочно предположение, писал покойный Д. В. Голубятников, что на Апшеронском полуострове нарушение пород апшеронского яруса произошло не вдруг, после отложения всего комплекса слоев, а постепенно, может быть даже во время отложения определенных свит».[2] Расчленяя толщу названного яруса, в вертикальном направлении, на шесть последовательных свит, Голубятников указывает, что «наиболее дислоцированной является 1-я нижняя свита (142.9 м); 2-я (59.7 м), 3-я (38.4 м), 4-я (27.8 м) и 5-я (140.8 м) менее нарушены и, повидимому, одинаково, так как нельзя уловить разницы в тектонике этих свит; еще менее нарушена 6-я или верхняя свита (25.6 м)».[3] На Челекене пласты среднего отдела апшерона, по Веберу и Калицкому, несогласно покоятся на пластах нижнего апшерона; сбросы, пересекающие нижнюю апшеронскую толщу, по Иванову, не продолжаются в покрывающие ее пласты более верхних отделов апшерона. И еще покойный Н. Андрусов писал: «Отложение осадков в южной половине апшеронского озера-моря шло, вероятно, при энергичных дислокационных процессах в прилегающих горных системах; дно моря находилось здесь в постоянном опускании, благодаря чему, например, в пределах Бакинской губ. произошло накопление до 1000 м мощности мелководных осадков, тогда как максимальная глубина (апшеронского) моря вообще едва ли превышала 320 м. Местами происходили местные вздувания дна. Конец апшеронской эпохи ознаменовался в той же южной половине бассейна весьма значительными пликативными процессами, что видно из сильно нарушенного залегания апшеронских отложений в восточном Закавказьи и на восточном побережьи Каспия. Максимума эти процессы достигли в самом конце апшеронской эпохи и повели за собою, повидимому, не только изменение очертаний бассейна, но и сопровождались в северной части бассейна новыми опусканиями, снова приведшими, через Манычскую впадину,

[1] А. А. Богданов, l. c. Ср. Отчет о разведочных работах полевых партий Геол.-разв. нефт. инст. ГГРУ за 1928—1929 г., за 1930 г. и др.

[2] Д. В. Голубятников. Биби-Эйбат, стр. 101. Тр. Геол. ком., 1914.

к связи с Эвксином. Окончание апшеронской эпохи ознаменовалось, повидимому, крупными дислокационными процессами, так как бакинские пласты (почти) повсюду залегают в явственном несогласии с апшероном».[1]

Как известно, в значительной мере подверглась тектоническим деформациям также и площадь последующего бакинского водоема. Оставленные им в Каспийской области осадки во многих местах значительно дислоцированы, особенно на западном побережьи Каспия. Поднимаясь здесь, например, в районе Биби-Эйбата, до абс. выс. 277.4 м, слои их оказываются дислоцированными, причем направление дислокации не совпадает с направлением дислокации подстилающих апшеронских слоев. В Нижнем Поволжьи, как мы видели, буровые скважины в астраханском районе встретили бакинские слои на глубине 48—108 м ниже современного уровня Каспия. К северо-западу от Астрахани бакинские пласты выступают на поверхности степи, в виде коротких куполовидных складок, более или менее разорванных дизъюнкциями, в урочищах Азау, Кок-Домбай, Джаман-Чулан, Аще-Кулах, Алтын-Бай-Арал и др.[2] Они же в нарушенном залегании констатированы около возвышенностей Бисчохо, Мын-Тюбе, Сасык, в районе Баскунчака и др.[3] Равным образом, в береговых обрывах по Нижней Волге их выходы, местами, также показывают более или менее явственную дислоцированность.

Несомненно, в Нижнем Поволжьи местами дислоцированы также пласты сингильского и косожского ярусов. Их выходы на Нижней Волге, на р. Урале и в Узенях, в большинстве случаев образуют пологие изогнутия, обычно сверху более или менее размытые, местами почти снивелированные водами последующих водоемов.

Если того же нельзя с уверенностью сказать относительно пластов хазарского яруса, все же следует отметить, что в выходах на Нижней Волге они, облекая полого-складчатые изогнутия перекрытого ложа, местами показывают такие наклоны своих слоев, которые не всегда согласуются с условиями нормального залегания. Буровые скважины Гипровода [Всесоюзный институт по проектированию гидротехнических сооружений] 1931—1932 гг. обнаружили характерную пологую волнистость в их распространении в низменной Калмыцкой степи.[4]

Хвалынские и послехвалынские осадки Каспия можно считать покоющимися в Нижнем Поволжьи в ненарушенном положении. Тем

[1] Н. И. Андрусов. Апшеронский ярус, стр. 280. Тр. Геол. ком., в. 110, 1923. «На так наз. горе бакинского яруса, около Баку, бакинские слои, пишет Д. В. Голубятников, показывают не только резкое трансгрессивное, но также и угловые несогласия с подстилающими их слоями апшерона. В Зыхском районе они дислоцированы с простиранием, почти перпендикулярным к направлению простирания нижележащих апшеронских пластов». (Д. В. Голубятников. Аташкинский район, стр. 147.)

[2] Отчеты о разведочных работах полевых партий Геолого-разв. нефт. инст. ГГРУ, за 1928—29 г., 1930.

[3] А. А. Богданов.

[4] Материалы Гипровода, сводка П. М. Васильевского, 1933.

не менее, если обратиться к другим районам бывшего распространения в Каспийской области древнего Каспия, от начала послебакинского времени до наших дней включительно, мы увидим в интересующем нас отношении довольно показательную картину.

В то время как в Северо-Прикаспийской низменности каспийские осадки послебакинского времени, за исключением кемрудских, джорджанских и саринских, обычно скрыты под покровом из хвалынских осадков Каспия, которые лишь на береговых окраинах бывшего хвалынского водоема поднимаются до высоты 90—95 м над современным уровнем Каспия, а в большинстве случаев лежат на более низком уровне—на западном побережье Каспия, напр. около Баку, соответствующие осадки прослеживаются до высоты 187 м над уровнем Каспия. Они образуют здесь ряд террас, слои которых, местами, подверглись определенным тектоническим нарушениям. Так, в районе Биби-Эйбата и Аташки, по Д. В. Голубятникову, ниже террасы с бакинскими осадками на высоте 303 м над ур. Каспия, наблюдаются не менее восьми, последовательно расположенных террас: верхняя или 8-я 153.8—187.2 м; 7-я 135.3 м; 6-я 85.6—94.2 м; 5-я 75.8 м; 4-я 49.4—64.3 м; 3-я 26.2—34.7 (37) м; 2-я 8.5—12.8 м; 1-я или нижняя 4.8 м над тем же уровнем. Верхние пять террас, т. е. 4—8-я, по Голубятникову, сложены осадками «среднего яруса древне-каспийских отложений (*Didacna crassa, D. Baeri, D. surachanica*)»,[1] среди которых, повидимому, следует искать стратиграфических эквивалентов хазарским, частью быть может косожским и сингильским (?) отложениям в Нижнем Поволжьи. При этом, «отложения всех пяти названных террас, пишет Голубятников, слабо нарушены и по большей части нарушение не уловимо».[2] Наибольшую дислокацию претерпели слои самой древней 8-й террасы. 3-я терраса, на высоте 26.2—34.7 м над ур. Каспия сложена, по Голубятникову, «осадками верхнего яруса древне-каспийских отложений (*Didacna trigonoides*)», — повидимому, эквивалентных хвалынским осадкам в Нижнем Поволжьи. Ее слои, по Голубятникову, также дислоцированы, хотя очень слабо. Наконец, 2-я терраса 8.5—12.8 м, образованная осадками Каспия с ныне живущими в нем раковинами моллюсков, но без *Cardium edule* L., а равно 1-я терраса — 4.8 м над ур. Каспия, с теми же современными каспийскими формами, но уже вместе с раковинами *Cardium edule* L., показывают нормальное залегание. Повидимому, их следует параллелезировать: слои 2-й террасы с кемрудскими и джорджанскими, слои 1-й террасы — с саринскими осадками Каспия в Нижнем Поволжьи.

Аналогичные террасы из четвертичных осадков Каспия, как известно, отмечены также на Дагестанском побережьи Каспия. Между Карабудах-Кентом и Махач-Кала (Петровск) конгломераты и известковистые песчаники с раковинами *Dreissensia rostriformis, Dr. polymorpha, Didacna catillus, Hydrobia stagnalis, Neritina liturata* etc. образуют террасу на высоте 86—96 м над уровнем Каспия; у г. Аджарки, около

[1] Д. В. Голубятников, Аташкинский район, стр. 144—145, 203 Тр. Геол. ком. 1927; его же, Биби-Эйбат, стр. 88—91 Тр. Геол. ком., в. 106, 1914.

[2] Д. В. Голубятников, Аташка, стр. 145.

Махач-Кала, геологически более юные каспийские пески с *Cardium trigonoides* дают террасу около 54 м над уровнем Каспия.[1]

Не менее отчетливо следы таких же береговых террас потретичного Каспия, как известно, наблюдаются на его восточном побережье. В Красноводском районе они прослеживаются до высоты 180 м над современным уровнем Каспия;[2] у южного подножия Б. Балахана, по Андрусову, имеем не менее семи береговых линий Каспия, на различных высотных уровнях; на северном берегу Балханского залива они известны на высоте 70—75 м, 22—32 м, 10—11 м над уровнем Каспия[3] и т. д.

Как видим, и относительно послебакинского Каспия, времен его хазарской и хвалынской трансгрессий, а равно также времени накопления в Нижнем Поволжьи косожских, быть может, сингильских, кемрудских и джорджанских осадков, едва ли может быть уверенность в том, что покрывавшаяся его водами площадь всюду оставалась в неизменном стабильном положении, по крайней мере в отмеченных выше районах западного и восточного побережий современного Каспия.

Остается позднейшая группа каспийских осадков, времен его саринской трансгрессии. Как сказано, в Нижнем Поволжьи и в террасах на западном побережьи Каспия они показывают ненарушенное залегание. Между тем, если обратиться к рассмотрению распространения соответствующих осадков в Каспийской области, мы тотчас же столкнемся в этом отношении с рядом загадочных явлений.

На самом деле, как известно, характерною ископаемою формою для этих отложений являются раковины *Cardium edule* L., типа нынеживущих в Каспийском море. Принимается, что названный моллюск проник в Каспийскую область из Азовско-Черноморского бассейна, — и именно через манычскую депрессию; в Черноморский бассейн он попал, вместе с рядом других океанических форм, из Средиземного моря, когда воды последнего вошли в соединение с бывшим на месте теперешнего Черного моря потретичным Эвксином. Не трудно понять, что если *Cardium edule* L. пробрался действительно водным путем из Черного моря в Каспий, уровень последнего едва ли тогда мог намного разниться от уровня Черного моря, т. е. должен был приближаться к нулевой горизонтали. Этим определяются условия нормального высотного распространения соответствующих осадков в обоих бассейнах. Между тем, в Каспийской области осадки с названными раковинами, обычно, едва возвышаются над уровнем современного Каспия. «Для Апшеронского полуострова, побережья Каспия от Баку до Петровска и для острова Челекена, пишет Д. В. Голубятников, надо считать установленным нахождение раковин этого моллюска около

[1] Н. И. Андрусов. О древних береговых линиях Каспийского моря. Ежегодн. по геологии и минералогии России, т. IV, 1900—1901 гг.; Голубятников. Исследов. в области третичных отложений Ю. Дагестана. Изв. Геол. ком., XXVI, 1928, Дагестанские огни. Изд. Сов. нефт. пром., 1927.

[2] С. А. Ковалевский. Лик Каспия, стр. 22, 1933.

[3] Н. И. Андрусов. О древних береговых линиях Каспийского моря.

2—5 м над уровнем современного Каспия, как нормальное явление. Исключение — Биби-Эйбат, где он найден на 9.1 м над уровнем Каспия», или — 17 м абс. выс.[1] На той же примерно высоте раковины *Cardium edule* L. встречаются в Кумо-Манычском и Приуральском побережьях Каспия. Однако, на острове Святом (о. Артема) слои с *Cardium edule* L. подымаются до — 12 м абс. выс.,[2] на грязевом вулкане Лок-Батан до 85 м абс. выс., около Аральского моря на 54 м над уровнем океана, или около 80 м над уровнем Каспия.[3] В Манычской области осадки с *Cardium edule* L. указываются: на водоразделе между Западным и Восточным Манычами 25 м абс. выс., в районе Мечетного лимана (совхоз Овцевод) — 167.8 м абс. выс., или около 194 м ниже современного уровня Каспия;[4] около с. Приютное до 38 м ниже поверхности степи около Большого Лимана и в устье р. Дона 15 м абс. выс. Увязать эти, столь разнящиеся высоты залегания названных, по существу, мелководных осадков, при условии их ненарушенного залегания, является весьма затруднительным. Даже введя поправку в том смысле, что некоторые из указанных *Cardium edule*, быть может, окажутся эндемичными потомками акчагыльских форм, как это можно предполагать на основании развиваемых С. А. Ковалевским соображений,[5] все же остается непонятким ареал их распространения в Каспийской области. Действительно, в то время как на Манычском водоразделе, как сказано, они поднимаются до 25 м абс. выс., или около 51 м над уровнем современного Каспия, их нет на территории Северно-Прикаспийской низменности, за исключением Кумо-Манычского района, несмотря на то, что ее южная окраина в большинстве случаев не выступает за пределы отрицательных высот.[6] И еще покойный Андрусов писал: «Характер распространения осадков с *Cardium edule* L. едва ли может быть объяснен без допущения хотя, может быть, и незначительных опусканий в самой области Каспия. Быть может у Ергеней и на западном берегу каспийские осадки и удержались в своем первоначальном положении, есть однако места (Апше-

[1] Голубятников. Аташкинский район, стр. 144; Биби-Эйбат, стр. 86.

[2] Голубятников, ibid.

[3] Л. С. Берг. Аральское море, стр. 516.

[4] В. В. Богачев. Отчет о геологических работах 1932 г. в Манычском районе. (Из материалов «Манычская проблема», 1932 г.). Указанная высотная отметка безусловно нуждается в проверке. По Богачеву, «близ Мечетного лимана, в совхозе «Овцевод», в буровой скважине обнаружены до глубины 150 м осадки со средиземноморской фауной *Cardium edule, Nassa reticulata, Cerithium*. Высотная отметка устья скважины 17.8 м ниже уровня океана» (l. c., стр. 7).На юго-восточном конце Мечетного лимана, в толще островидного холма, встречены прослои и гнезда *Cardium edule, Tapes rugatus, Cerithium reticulatum, Nassa colorata* вместе с каспийскими *Didacna trigonoides, Dreissensia caspia, Dr. polymorpha, Sphaerium, Paludina*. На лимане Шаховском вместе с ними попались также раковины *Venus gallina*. Около северного берега Садковского лимана терраса с *Cardium edule* проходит на высоте 5—6 м над поймой» (Богачев, ibid.).

[5] С. А. Ковалевский, l. c.

[6] Православлев. Сев.-зап. побережье Каспия, стр. 26—31. Изв. Ц. Гидрометеор. бюро, 1929; Каспийские осадки в низовьях р. Волги. Изв. Ц. Гидрометеор. бюро, 1926.

ронский п-ов, некоторые участки восточного берега, по преимуществу по оси бассейна), где придется допускать (потретичное) опускание».[1]

V

Мы видим таким образом, что говорить о стабильности Каспийской области, в ее целом, за время отмеченных выше положительных и отрицательных перемещений береговой линии древнего Каспия в область современной Прикаспийской депрессии, не приходится. Оставляя в стороне сравнительно древние тектонические деформации акчагыльского и апшеронского веков, относительно позднейшего, послетретичного периода можно сказать словами того же Н. И. Андрусова: «Можно смело утверждать, — писал он, что в течение всего послетретичного периода в Понтокаспийской области совершались местные и общие деформации земной коры в комбинации с самостоятельными колебаниями уровня, естественными в таких изолированных бассейнах, каков Каспий и каким был Эвксин до весьма недавнего времени».[2]

Возникает вопрос, остановились ли подобного рода деформации в Каспийской и, в частности, в Северо-Прикаспийской области к настоящему геологическому моменту; стабилизировалась ли эта площадь или же на ней все еще продолжаются тектонические подвижки земной коры?

Косвенный ответ на этот вопрос дают те землетрясения, которые по настоящее время происходят в Каспийской области. Они манифестируют совершающиеся деформации в земной коре. Достаточно вспомнить о землетрясениях на западном и восточном побережьях Каспия (Шемахинский, Дербентский, Красноводский, Ашхабадский очаги землетрясений), о землетрясениях в его южной части, а равно хотя бы о землетрясения 1668 г. в Астрахани и в низовьях р. Терека. О том же говорят так обильно рассеянные в Каспийской области грязевые вулканы и др. сопочные выделения, которые в местах их выхода обычно сопровождаются определенными деформациями пластовых свит. Не говоря уже об Апшероно-Дагестанском и Красноводско-Атрекском побережьях Каспия, грязевые вулканы, как известно, широко распространены по дну теперешнего Каспия. Начиная от западного, Прикуринского побережья, они тянутся почти непрерывной полосой по дну Каспия до о-ва Челекена и Красноводского залива и продолжаются дальше на восточном побережьи в район Бой-Дага и Чикшиляра. Общее протяжение этой полосы[3] около 500 км, ширина 180—200 км. Аналогичные явления наблюдаются также в более

[1] Андрусов, Террасы Судака, стр. 63. Зап. Киевск. общ. естеств., т. XXII, 1912.

[2] Н. И. Андрусов. О возрасте морских послетретичных террас Керченского полуострова. Ежегодн. по геологии и минералогии России, т. VII, в. 6, 1905, стр. 14.

[3] С. А. Ковалевский. Азербейдж. нефт. хозяйство, 1927, 6—9 и др.; К. П. Калицкий, Изв. Геол. комит., т. 33, 1924; Зубер, Азерб. нефт. хоз., 1923, №№ 3—4, 13; 1924, № 1 и др.

северных районах Каспия, с его временно появляющимися и затем от размывания исчезающими островами и подводными мелями.[1]

Но и помимо того, мы имеем прямые инструментальные данные о происходящих, местами, в настоящее время деформациях земной коры в Каспийской области. Так, по данным повторной нивелировки высокой точности на Апшеронском полуострове 1928 г., оказалось, что с 1912 по 1928 гг., т. е. за промежуток времени в 16 лет, произошли «реальные смещения почвы по высоте на всем пространстве полуострова».[2] Обработка цифрового материала нивелировки, выполненная проф. С. П. Глазенапом, приводит к выводу, что за указанное время:

«1) Западная часть Апшеронского полуострова заметно повышается относительно восточной.

2) Южная часть полуострова, начиная от мыса Пута и до восточного берега бакинской бухты повышается; вместе с нею повышаются также и южные острова, а Баку понижается. Перелом происходит в бухте под водою, ближе к Баку, чем к о. Наргену.

3) В югозападной части полуострова около станции Пута и вулкана Лок-Батана произошло наибольшее, относительно, повышение поверхности полуострова, до 0.826 м.

4) Между югозападным и северозападным подъемами полуострова заметно относительное понижение, хотя относительно Черногорки произошло повышение. В восточной части полуострова заметно относительное понижение суши, чему должно соответствовать повышение береговой полосы моря. Около горы Бог-Бога это понижение достигает — 3.285 м, по направлению к Сураханы оно уменьшается до 0.763 м».[3]

Равным образом, произведенный в недавнее время проф. А. В. Вознесенским анализ футштоковых наблюдений над уровнем Каспия в Баку, Петровске, Апшероне и Куули показал, что с 1901 по 1925 гг. уровень Каспия в названных пунктах изменялся неодинаково. Изменения эти достигают приблизительно 12—15 см за 25 лет, они неоднозначны, в среднем их величину можно считать порядка 1 см в год.[4] «Можно с уверенностью сказать, пишет Вознесенский, что уровень в Баку меняется иначе, чем на других станциях, а именно: при общем понижении уровня Каспия за последние годы, уровень в Баку несколько поднялся. А это не может быть объяснено ни чем другим, как опусканием берега в Баку, причем это опускание носило, повидимому, местный характер, не доходя даже до Апшерона, по крайней

[1] Зубер, l. c.; М. В. Абрамович, Азерб. нефт. хоз., 1927, № 5; H. Abich. Mém. de l'Acad. Imp. d. Sc. de St. Pétersb., VII Série, vol. VI, № 5.

[2] Отчет о нивелировке высокой точности на Апшеронском полуострове 1928 г. Н. Н. Большакова, А. П. Павлова и Г. И. Кузьминова. Материалы Военно-топографич. управления Г. У. Р. К. К. А. (Из мат. Сейсм. инст. АН СССР).

[3] С. П. Глазенап. Применение нивелировки высокой точности к разведке месторождений нефти на Апшеронском полуострове, 1932. (Из мат. Сейсм. инст. АН СССР).

[4] А. В. Вознесенский. О новейших данных по изменению уровня Каспийского моря. Изд. Ц. Гидромет. Бюро, 1926, стр. 343.

мере в 1918—1920 гг.».[1] В то же время суша по всей северовосточной части Каспия, охватывающая Петровск и даже Куули, возможно поднималась.

Сопоставляя исторические данные с 1915 по 1925 г., Вознесенский, как известно, приходит к выводу, что район Бакинской бухты за последние восемь веков испытал почти полный цикл крупных изменений по высоте, вернувшись почти к прежней высоте в настоящее время. Амплитуда этих перемещений 16 м, а продолжительность периода может считаться 800 лет, в круглых цифрах. Расположенный в бухте холм, с зданием прежнего караван-сарая, думает Вознесенский, испытал в предыдущие эпохи еще большие перемены по высоте. Они происходят на фоне медленных эпейрогенических движений, с темпом около 3.5 см в год.[2]

Того же характера движения земной коры, как мы пытались показать в другом месте, весьма вероятны для Северозападного побережья Каспия, которое в сравнительно недавнее, историческое время (XVI—XVIII столетие) испытало сначала погружение, а затем поднятие из-под воды Каспия.[3] О таких же, повидимому, движениях земной коры косвенно говорит в свое время отмеченный нами характер русла Нижней Волги вблизи Астрахани, показывающего своеобразную переуглубленность относительно мелководного Северного Каспия.[4]

VI

Едва ли можно отрицать тот высокий теоретический интерес, который представляют указанные движения земной коры в Каспийской области. Но и помимо того, эти движения могут иметь непосредственное значение для проектируемых в Каспийском бассейне гидротехнических сооружений. Они накладываются на собственные или эвстатические движения уровня Каспийского моря; ими, в известной мере, направляются условия придонных течений и распределение переносимых к Каспию осадков; ими же, в конечном счете, обусловливаются изменения в гипсометрии местности. Понять направление и характер этих движений — представляет не только теоретический, но и практический интерес.

Однако, достичь этого только при помощи обычного стратиграфического метода исследований — едва ли возможно; он дает возможность констатировать лишь геологически фиксировавшийся факт. Для того же, чтобы понять динамику этих движений, нам кажется необходимым наблюдение за ними, так сказать, in statu nascendi, для чего, по примеру Северной Америки и Западной Европы, потребуются систематические инструментальные наблюдения.

[1] Ibid., стр. 344.
[2] Ibid., стр. 356.
[3] П. Православлев. Сев.-зап. побережье Каспия. Изв. Ц. Гидрометеор. бюро, 1929 г.
[4] П. Православлев, Кривая русла и современный базис эрозии Н. Волги. Тр. Лен. общ. естеств., т. LXI, в. 4, 1926.

Принимая во внимание геоструктурные особенности Каспийской депрессии и окружающей ее области, на что мы указывали в свое время,[1] нам кажется следовало бы:

1) реперировать Каспийскую область, увязав сеть на ней реперов с футштоком на Черном море и с реперами на плато Ставропольском, Ергенинском, Общего Сырта, Южного Приуралья и Устурта, и организовать систему повторных по ним нивелировок высокой точности;[2]

2) путем геофизической съемки осветить геоструктурные условия как в области Прикаспийской депрессии,[3] так и на дне Каспия.

Вместе с тем, следует произвести геологическое и геоморфологическое изучение, с применением нивелировки: а) побережья и береговых террас Каспия; б) его грязевых вулканов.

ПРЕНИЯ

Акад. А. Д. Архангельский. Имеет ли докладчик определенное мнение относительно направления, в каком идет сейчас общее движение и идет ли вообще какое-либо движение?

П. А. Православлев. На северном побережьи Каспия идет отрицательное смещение береговой линии, береговая линия отступает. Топографическая карта, имеющаяся сейчас, не отвечает действительности: острова, показанные на ней, давно спаялись с материком, контуры береговой линии совершенно другие.

Л. С. Берг. Что вы подразумеваете под теперешним отрицательным колебанием: современный момент или последние несколько тысячелетий?

П. А. Православлев. С конца саринской трансгрессии. Имеются следы последующей регрессии, но и сейчас в наше время идет отрицательное движение, повидимому, на всем побережьи одинаково, хотя в некоторых местах как-будто бы идут и положительные передвижки.

Л. С. Берг. Некоторые факты геоморфологии говорят, что в Северном Каспии береговая линия имеет положительное перемещение. Если мы взглянем на береговую линию при устьях дельты на западе и на востоке, то убедимся, что тип берегов говорит за то, что море наступает на сушу; береговая линия здесь типа приморских ильменей. Это — с одной стороны; с другой стороны, перед устьями Волги обнаружены на глубине 5 м торфа, что свидетельствует о сравнительно

[1] П. Православлев. Современные движения земной коры в Понто-Каспийской области. Тр. III Всесоюзн. съезда геологов, Ташкент, 1930.

[2] Примерно нивелирные ходы можно бы проложить по направлениям: 1) Баку — Батум; 2) Брянская Коса, Кизляр, Ставрополь, ст. Кавказская, Новороссийск; 3) Ставрополь, Астрахань, Гурьев, Уральск; 4) Астрахань, низовья р. Терека, ст. Килязи, Апшеронский полуостров, низовья реки Куры; 5) Астрахань, Баскунчак, Красный Кут, с ответвлениями на Сталинград и на Элисту (Ергени), ст. Дивное; 6) Красный Кут, Новоузенск, Александров-Гай, Гурьев; 7) Гурьев, восточное побережье Каспия, Красноводск, Кизиль-Арват; 8) Каспийское море — Аральское море.

[3] Например, по линиям: 1) Сталинград — Астрахань; 2) Астрахань, Элиста, ст. Дивное; 3) Астрахань — Гурьев; 4) Гурьев, Александров-Гай, Камышин; 5) Гурьев — Бер Чогур; 6) Гурьев — Красноводск и др.

недавно происходившем повышении уровня Каспия. Эти два обстоятельства заставляют меня думать, что за несколько последних тысячелетий уровень по крайней мере северной части Каспийского моря находится в состоянии повышения.

П. А. Православлев. Если придерживаться сводки, которую дает Д. В. Вознесенский, примерно в историческое время идет отрицательное движение береговой линии. Уровень Каспия повышался до 1742 г.; после этого года началось снижение. После 1742 г. общий баланс Каспия становится меньше, и начинается отрицательная передвижка береговой линии. Что же касается придельтового участка, то здесь я не уверен. Если приглядеться к положению саринской террасы, то можно бы сказать, что здесь имеет место скорее отступление береговой линии. Но вообще я затрудняюсь ответить на этот вопрос.

Акад. А. Д. Архангельский. Я позволю себе остановится на той аргументации движений, которую вы здесь приводили. Мне кажется, что некоторые из указаний докладчика едва ли могут служить в пользу существования каких-либо движений в самое ближайшее время, именно после времени проникновения сюда *Cardium edule*.

Прежде всего, я не совсем понял, когда вы говорили о манычском проливе, именно где наблюдалось относительно очень глубокое залегание *Cardium edule* на минус 167?

Далее неясно, насколько это хорошие экземпляры, насколько гарантировано то, что мы здесь имеем *Cardium edule*, а не какую-нибудь форму из акчагыльской толщи?

П. А. Православлев. Это данные не мои, а В. В. Богачева, анализировавшего эту скважину, который и дал приведенные указания.

Во всяком случае, Богачев и Ковалевский в Баку *Cardium edule* знают.

Акад. А. Д. Архангельский. Точность определения в данном случае имеет очень большое значение. Если мы имеем даже современную форму *Cardium edule*, то, учитывая множественность его миграций в Черное море (тирренская или карангатская эпоха, древнечерноморская, или еще какая-либо, нам неизвестная), все же по находкам этого моллюска говорить об одной эпохе поднятий очень трудно; может быть одни движения происходили в отдаленное, а другие — в более близкое к нам время.

Что касается Аральского моря, то тут я сомневаясь, что нахождение там *Cardium edule* на плюс 54 говорило о крупном перемещении в недавнее время. Ведь Арал и сейчас стоит почти на этой высоте. Дальше, в области озер, заключающихся в Саракамышской впадине, совершенно отчетливо видно, как *Cardium edule* лежит в замкнутых котловинах ниже среднего уровня соседней местности. Там, повидимому, *Cardium edule* в своем распространении, как это ни странно, продвигался по озерам, лежавшим на разных уровнях по отношению одно к другому. Таким образом, разница высот залегания здесь первичная, не зависящая от последующих нарушений.

Далее, относительно указаний докладчика на соляные купола а именно, что образование этих поднятий говорит об очень недавних

движениях. Насколько я знаю, соляные купола начали формироваться, примерно, в юрское время, что видно из последней сводки Шумилина; их формирование закончилось где-то в конце неогена. Едва ли, таким образом, можно говорить о дислокациях, которые идут в настоящее время.

Такие факты как присутствие *Cardium edule* высоко на Логбатане тоже не могут учитываться, так как это поднятие связано с деятельностью самих грязевых вулканов.

Итак, мне кажется, что целый ряд указаний докладчика вряд ли можно считать за доказательство новейших местных поднятий, но, тем не менее, я совершенно согласен, что движения здесь имеют место, но, по моему мнению, они сводятся в значительной мере к образованию пологих складок. В настоящее время эта молодая складчатость обнимает очень большое пространство. Если это так, то нам будет чрезвычайно трудно по следам отдельных местных движений составить представление о том, каково общее движение береговой линии Каспия и что происходит в отношении всего Каспийского бассейна. В самом деле, мы будем здесь встречать в одном месте поднятие, в другом опускание, или даже периодические колебательные движения; изучение этих явлений едва ли может привести нас к познанию общего движения береговой линии. А именно это последнее сейчас, очевидно, должно интересовать нас в связи с грандиозной промблемой Волго-Каспийского строительства.

Некоторые из числа указаний, сделанных докладчиком, относительно путей решения вопроса, с моей точки зрения, едва ли будут способствовать выяснению этого последнего, наиболее важного вопроса.

Вы говорите о гравитации. Гравитация, с моей точки зрения, не даст решительно ничего. В настоящее время вся Прикаспийская впадина и сам Каспий (если мы будем говорить о наблюдениях на островах, которые охвачены гравиметрической съемкой), по существу представляют область крупнейших отрицательных аномалий; и поперек этой огромной гравитационной депрессии тянется положительная аномалия, идущая от Донецкого бассейна на соединение с Мангышлаком.

Наблюдаемые здесь местные гравитационные аномалии, чрезвычайно многочисленные, относятся к соляным куполам; таким образом, по гравитационным данным мы не разберемся в том, что здесь будет делаться в ближайшее время. Мне думается, что одно из указаний на решение этого вопроса следует искать не на суше, а на дне самого Каспия.

Действительно, все эти движения, которые происходят на суше, должны так или иначе отразиться на образовании осадков. Если это отдельные мелкие движения, которые идут в различных направлениях, то они отзовутся на дне Каспия, на формировании осадков.

Совершенно иначе обстоит дело, если мы имеем дело с движениями всей области в целом; это немедленно и самым серьезным образом отразится на составе отложений.

Как раз этому будет посвящен мой доклад 30 XI. Здесь же я хотел бы только подчеркнуть, что если мы будем ставить себе задачей определение современных движений береговой линии, то, как одно из самых серьезных контрольных мероприятий, следует указать на детальное с этой точки зрения изучение дна Каспия, состава и мощности его отложений.

П. А. Православлев. Вопрос о *Cardium edule* является в настоящее время довольно трудно разрешимым. Но, во всяком случае, после работ Ковалевского мы должны с осторожностью относиться к формам *Cardium edule* акчагыльского и средиземноморского типа. *Cardium edule* саринского времени мы можем, как мне думается, с большой долей вероятности причислить к формам средиземноморского типа.

Как я уже сказал, по данным В. В. Богачева, эти формы обнаружены в глубоких слоях.

Относительно Аральского моря нужно спросить Л. С. Берга, который дал в литературе соответствующее указание. Какого они типа, средиземноморского или акчагыльского — сказать трудно, так как я не имел возможности ближе с ними познакомиться.

В районе Нижнего Заволжья мы имеем целый ряд куполовидных складок; в Поволжьи складчатыми изогнутиями захвачены и сингильские пласты четвертичного периода.

Акад. А. Д. Архангельский указывал здесь, что гравитация ничего не дает; по моему мнению, гравитация позволит осветить самую геоструктуру площади.

По словам А. Д. Архангельского наиболее существенными будут подвижки на дне. А почему не на берегах? Если какой-нибудь район опускается, то это также должно отозваться на положении уровня и береговой линии. Но эти изменения происходят не только на дне, а на всей Каспийской впадине. Я все-таки думаю, что, кроме реперирования и точной повторной нивелировки, — гравитация помогла бы уяснить геоструктуру района. Очень хорошо, если мы нащупаем Донецко-Мангышлакский кряж; но гравитация, несомненно, даст указания о геоструктуре и всей остальной части Каспийской области.

Акад. А. Д. Архангельский. Боюсь, что в ответе П. А. Православлева кроется ряд недоразумений. Начну опять с гравитации. Гравиметрические работы в очень широком масштабе идут сейчас, в связи с изучением нефтяных месторождений, в местностях, прилегающих к Каспию в таком масштабе, который едва ли где-нибудь еще у нас будет производиться. С другой стороны, общая гравиметрическая съемка, начавшаяся в 1933 г., в первую очередь направлена на бассейн Каспия. В этом отношении дело здесь обстоит совершенно благополучно, и предпринимать здесь что-либо новое, специально связанное со строительством Большой Волги, вряд ли нужно. Но я очень хочу подчеркнуть, что для решения вопроса о современных движениях береговой линии, который может интересовать Большую Волгу, едва ли данные гравиметрической съемки могут вообще что-нибудь дать. Гравиметрическая съемка отражает в первую очередь текто-

нику, ту тектонику, которая закладывалась в очень отдаленное время, и чем древнее эта тектоника, чем резче образовавшиеся при ней тектонические формы, тем резче она будет отражаться на гравиметрической картине. Ожидать от гравиметрии по интересующему нас вопросу что-нибудь кроме общей характеристики этой области, как опускающейся в масштабе больших геологических промежутков времени, мы ничего не можем. Это — первое. Во-вторых, реперирование отдельных точек по берегу Каспия, мне кажется, может нас привести к решению вопроса о движении этих точек. Но в виду того, что мы здесь имеем складчатую область, в которой складчатость совершается в настоящее время, мы на основе отдельных наблюдений по вопросу об общих движениях берегов в ряде случаев можем придти к ошибочным данным. Я нисколько, тем не менее, не отрицаю возможности этих реперов, важности геодезических работ; я только говорю, что на этом одном останавливаться нельзя и приходится прибегать еще к каким-то другим контрольным мероприятиям, которые бы позволили разобраться в том, что дают геодезические данные. Мне кажется, что к числу таких данных (я только так об этом и говорю), к числу таких мероприятий принадлежит изучение отложений дна Каспийского моря. Они не могут не отражать суммарных движений, которые здесь происходят. Другой важный момент для решения вопроса об общих современных движениях, это — изучение общего характера берегов, геоморфологические исследования. Л. С. Берг совершенно прав, что имеющаяся здесь форма берегов имеет чрезвычайно мало сходства с береговой линией сокращающегося бассейна. Наконец, я возвращаюсь к *Cardium edule*. Докладчик сослался на Л. С. Берга, установившего эту форму на Аральском море. В этом никто не сомневается, но никто не сомневается и в том, что *Cardium edule* живет в Аральском море, и потому очень трудно говорить, что присутствие ее свидетельствует о молодых движениях.

Председатель. Несомненно, что история Каспия в конце неогена и в послетретичное время может быть освещена, как и современные изменения, которые там происходят, с одной стороны, изучением геологического строения Прикаспийской низменности, с другой стороны, наблюдениями над современными движениями береговой линии.

Затем, совершенно прав А. Д. Архангельский в том, что необходимо изучение донных отложений, в особенности глубоководных, и современной фауны, которая представляет целый ряд загадок, о которых недавно говорил В. В. Богачев, напр. тюлени, дельфины и др.

Я совершенно согласен с А. Д. Архангельским, что большое значение надо придавать изучению этих донных отложений, но я думаю, что вместе с тем решение вопроса о характере движений, которые здесь происходят, конечно, должно быть подкреплено теми работами, которые предлагает П. А. Православлев, т. е. точными реперированием и повторными точными нивелировками для того, чтобы уловить характер этих движений.

Как всегда, когда мы говорим о движениях береговой линии, мы здесь сталкиваемся с вопросом о том, что представляют эти движения береговой линии, являются ли они результатом изменения уровня воды в данном бассейне или в океане, или движения суши, которое в этом случае будет обнаруживать некоторую неравномерность.

Поэтому, может быть, вы сочтете правильным такое пожелание: на ряду с необходимостью продолжения изучения донных отложений необходимо дать и точное детальное изучение береговых террас вообще, конфигурации и строения берегов с геоморфологической точки зрения, не только при помощи описаний, но и при помощи инструментальных и систематических наблюдений над ними для того, чтобы установить, имеем ли мы здесь равномерные или неравномерные движения.

П. А. Православлев. Не знаю, каким образом создалось впечатление, что я, геолог, стою за то, чтобы изучение было только инструментальным. Это только подсобная работа; кроме нивелировки, конечно, должны идти геологические работы, изучение береговой линии, донных отложений — все это будет лить воду в одно и то же русло. Нивелировки дадут только некоторые цифровые данные: одно другому не мешает, эти работы идут параллельно, попутно.

Откуда создалось впечатление, что я хочу гравитационными работами осветить эти движения исключительно в ближайших интересах строительства Большой Волги? Я повторяю, что эти работы исключительно позволят нам вообще уяснить самую геоструктуру района, и мы будем ближе понимать те инструментальные данные, которые выражаются в плюсах и минусах.

Cardium edule в береговых террасах Аральского моря наблюдается на высоте 54 м. Пробрались ли они туда путем различных озер, или иначе, но в области Каспия их нет выше нулевой горизонтали, тогда как около Арала они лежат на высоте 54 м. Это факт, который нужно объяснить.

Я не отрицаю необходимости изучения донных отложений Каспия, но я думаю, что движения, если они существуют (я думаю, что они существуют), идут не только в области самого дна, но и на береговых частях Каспия. Если даже примем предположение Л. С. Берга, что развитые в северозападном углу Каспийского побережья ильмени показывают положительное перемещение моря, то восточная часть того же северного побережья показывает, что мы имеем там безусловно отрицательное движение моря: целый ряд островов соединился с материком, ряд береговых поселков отошел от моря.

П. М. Горшков. Здесь имеется серьезное недоразумение, которое, конечно, уместно будет сейчас же разъяснить.

Вопрос идет о том, что же может дать гравитация при изучении вертикальных движений земной коры в бассейне Каспия.

К сожалению, П. А. Православлев быстро сдал свою позицию в этом вопросе, позицию совершенно неприступную. Дело в том, что гравиметрические данные характеризуют не только геологическую структуру, но еще и общее состояние земной коры изучаемого района.

Таким образом, произведенные гравиметрические работы в том или ином районе покажут действительное, имеющееся в настоящий момент, физическое состояние внутренних частей земной коры и, в частности, могут ли быть здесь вообще нарушения в виде тех или иных движений земной коры, или же таких движений не может быть.

Точно так же, если мы произведем гравиметрическую съемку в дельте Волги, то здесь, безусловно, сможем решить проблему о том, как земная кора реагирует на дополнительную нагрузку, получающуюся в итоге того обстоятельства, что воды Волги несут постоянно колоссальное количество взвешенных частиц. Эта проблема может быть решена, пока, только единственным способом — гравиметрической маятниковой съемкой.

Таким образом, детальная гравиметрическая съемка всего бассейна Каспия, водной его поверхности и дельты Волги поможет, если не полностью, то в значительной степени, разрешить вопрос о динамике и физическом состоянии земной коры всего этого района. Правильное понимание аномалий силы тяжести говорит нам о том, что эти аномалии характеризуют собой не только геологическую структуру данного участка, но и динамику его. Это — во-первых. Во-вторых, то, что мы имеем здесь сейчас в отношении гравиметрических данных, также совершенно недостаточно для освещения и действительного геологического строения земной коры всей территории вокруг Каспийского моря, а тем более самого Каспийского моря. Утверждение же, что гравиметрия ничего не даст для решения вопросов, выдвинутых докладчиком, следует признать, по меньшей мере, крупнейшим недоразумением, которое может иметь пагубные последствия для решения поставленной проблемы — проблемы движения земной коры.

Акад. А. Д. Архангельский. Мне приходилось часто полемизировать с проф. П. М. Горшковым по этому вопросу; сейчас мы встретились еще раз.

Вопрос идет о значении аномалий сил тяжести. Никто не сомневается, что они выражают определенную динамику. Говоря об аномалии силы тяжести, необходимо отдавать себе ясный отчет в том, к какому времени относятся те движения, которые отражаются в этих аномалиях. Надо помнить, — я это тщательно подчеркиваю, — что имеющиеся гравиметрические данные свидетельствуют об опускании этой области. Но одно дело — говорить о том, что они характеризуют опускающуюся область, а другое — определить время опусканий. То, что нас интересует в нашем строительстве, — это сегодняшний день, 50—100 лет вперед. Спрашивается, какую динамику дает гравиметрия? Гравиметрия дает динамику, которая касается тысячелетий и десятков тысячелетий. Она будет характеризовать отрицательными аномалиями области, которые находились в стадии опускания еще в палеозое, если только впоследствии не было поднятия и превращения ее в складчатую страну; так же она будет характеризовать и мезозойскую впадину и новейшую плиоценовую впадину. Вот, что дает нам гравиметрия.

Проф. П. А. Горшков говорил о динамике и ставил вопрос во времени. Это время — несколько десятков тысяч или миллионов лет тому назад, или это настоящий момент, который нас интересует? Я боюсь, что если мы будем с рассматриваемой точки зрения придавать большое значение гравиметрии, которой я в других отношениях придаю огромное значение (проф. П. М. Горшков это знает лучше, чем кто-либо другой), то мы можем сильно ошибиться.

Проф. П. М. Горшков говорит, что достаточно произвести в дельте Волги гравиметрические измерения для того, чтобы определить тенденцию сегодняшнего дня. Это неверно, потому что если мы пойдем по побережью Каспия и будем проникать как можно дальше в его пределы на острова или на север, то мы будем всюду иметь дело с гигантской депрессией силы тяжести. Чем дальше идем к центру моря, тем меньше сила тяжести. Замечательное явление, однако, что поперек этой депрессии узкой лентой тянется полоса избыточной силы тяжести, намечающая соединение складчатости Мангышлака со складчатостью Донецкого бассейна.

Если перейдем теперь к вопросу о том, что дает эта картина для разрешения Волго-Каспийской проблемы, то следует спросить, о чем она свидетельствует: об опусканиях или поднятиях настоящего момента.

Здесь на карте (*указывает на карту*) мы имеем минус, а здесь плюс. Дело очень простое с точки зрения геологии. Мы имеем здесь гигантскую депрессию, развивающуюся в геологические промежутки времени в течение многих десятков, сотен, тысяч лет. И эта депрессия перерезывает почти под прямым углом складчатую полосу древнего поднятия Донецкого и Мангышлакского кряжей.

Что нам дает здесь гравиметрия для выяснения движений сегодняшнего и завтрашнего дня, для решения нашей проблемы строительства?

П. М. Горшков. Очевидно, акад. А. Д. Архангельский неправильно понял меня или докладчика. Я считаю, что при решении выдвинутой в докладе проблемы при помощи данных геофизики и геодезии, конечно, ни в коем случае нельзя думать, что ответ может быть использован в ближайшие годы; здесь вопрос идет об изучении процесса, совершающегося в продолжении тысяч и десятков тысяч лет, а не пяти и даже не пятидесяти лет. Акад. А. Д. Архангельский считает, что гравиметрия в данном случае бесполезна, в то же время высказывается за геодезические методы, в частности, за нивелировку высокой точности. Мне думается, что геодезия и геофизика здесь совершенно равноценны: или обе пом гут нам решить поставленную проблему, или же обе ненужны. В действительности же, каждая из них в отдельности и обе они вместе должны и смогут отметить движения земной коры, хотя и совершающиеся крайне медленно и очень длительно. В данном случае, если не поможет, по мнению акад. А. Д. Архангельского, гравиметрия, то конечно, еще меньше поможет нивелировка высокой точности.

Я убежден совершенно в обратном, а именно: я считаю, что при изучении вертикальных движений земной коры гравиметрия является могучим средством для получения ответа на поставленные вопросы;

нивелировка же высокой точности должна будет дать ответ на тот же вопрос более наглядным и доступным способом.

Председатель. Во избежание дальнейших недоразумений мы должны встать на такую точку зрения: хотя настоящая сессия и посвящена Волго-Каспийской проблеме, проблеме Большой Волги, но я бы предложил, чтобы те научные доклады, которые в связи с этим ставятся, должны были быть поставлены в аспекте не только этой чисто практической проблемы, которая охватывает десятилетия, или 100 лет, а с точки зрения тех периодов, с которыми считается геология. Думаю, не будет недоразумений, если, став на такую точку зрения, выдвинуть в первую очередь проблему Большой Волги, которая должна найти отражение во всех секциях и докладах, всесторонне ее осветить; но вместе с тем, поднимая тот или другой вопрос, мы ставим его независимо от этой проблемы, с чисто научной точки зрения, и тогда гравиметрические работы получат свое освещение.

П. А. Православлев. Мне также возражение акад. А. Д. Архангельского кажется недоразумением. Он говорит, что гравиметрия не имеет значения для строительства. Но, ведь, гравиметрия дает возможность составить представление о геоструктуре района, а это важно, чтобы понять те движения земной коры, которые здесь происходят. Правда, последние совершаются с амплитудой в несколько сантиметров в столетие, что для обыденных практических задач, быть может, существенного значения не имеет. Едва ли, однако, то же можно утверждать относительно Волго-Каспийского строительства; для решения проблемы Волго-Каспия знать характер и направление этих движений далеко не безразлично.

Я присоединяюсь к проф. П. М. Горшкову, что гравитация указывает на идущий процесс. Напомню о работах Коссмата, Шуха и др., которые указывают, что гравиметрические плюс—минус означают не столько древние, сложившиеся геоструктуры, сколько идущий динамический процесс, т. е. говорят о тектоническом движении земной коры.

Председатель. Позвольте мне сделать одно замечание чисто теоретического характера. П. М. Горшков сказал, что прежде всего интересны гравиметрические наблюдения в области дельты Волги. Я думаю, что эти наблюдения во внутренних частях Каспия вдали от устья дадут еще более интересный материал. Если встать на точку зрения Тейлора Бабеджа и других авторов, которые выдвинули этот вопрос, то получим такую задачу: каждая частица отложения, которая падает на дно моря, вытесняет известный объем воды и является источником поднятия уровня воды, но, вместе с тем, она дает отягощение и вызывает некоторое опускание. Устанавливается ли здесь известное равновесие и в результате уровень воды не изменяется — я этого не берусь сказать; но думаю, что вдали от устья, или в области террас, где можно проследить это неравномерное движение суши, там есть основание ожидать более конкретных результатов.

Надеюсь, в результате заслушанного доклада и обмена мнениями мы согласимся, что из того материала, который был нам представлен,

вытекает, что безусловно важна и необходима — не только для строительства Большой Волги, но и для изучения научных проблем — организация работ по гравиметрии, постановка работ по реперированию и точной нивелировке, а также и по систематическому наблюдению над береговой линией, по детальному изучению берегов и по изучению донных отложений.

Акад. А. Д. Архангельский. Мне думается, что вопрос следует расчленить. Изучение геологических условий отдельных точек, постановка на них реперов и изучение донных отложений имеет непосредственную связь с вопросом о перемещении береговой линии Каспия, на чем, как я думаю, мы должны были сосредоточить свое внимание после доклада П. А. Православлева.

Совершенно другое значение имеет для Волго-Каспийской проблемы вопрос о постановке гравитационных работ; они, как я уже говорил, для Волго-Каспийской области имеют совершенно исключительное значение. Они дают познание ее тектоники и, прежде всего, познания тектоники нефтеносных отложений. Таким образом, гравиметрическая съемка должна быть развиваема всемерно, но не в связи с решением того вопроса, который здесь был поставлен П. А. Православлевым: он совершенно определенно поставил вопрос об изменении береговой линии. Поэтому, мне кажется, что, принимая резолюцию, мы должны расчленить эти моменты и точно сказать: для чего ставятся те или другие работы.

Далее, было бы весьма неосторожно просто принять такую резолюцию: важно не просто говорить о реперировании, а указать, как и где ставить реперы. Это основной вопрос, потому что различные участки побережья Каспия в тектоническом отношении находятся в столь различных условиях, что мы должны самым тщательным образом задуматься над тем, как и где ставить эти работы.

Председатель. Резолюцию мы примем в конце работы нашей секции. Сейчас я только резюмирую общее направление тех пожеланий, которые вытекают из заслушанного доклада, и подчеркиваю, что гравитационные работы имеют значение не только для решения одной Волго-Каспийской проблемы.

Я позволю себе только отметить, что в плане работ Каспийской комиссии точно указано, какие работы геодезические, геологические, нивелировочные, желательно произвести в первую очередь.

(*Заседание закрывается*)

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

ЗАСЕДАНИЕ 27 НОЯБРЯ 1933 ГОДА

Председательствует акад. А. Д. Архангельский.

Председатель. Слово принадлежит акад. И. М. Губкину для доклада на тему «Нефть Волго-Каспийского бассейна».

Акад. И. М. ГУБКИН

НЕФТЬ ВОЛГО-КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНА

(Промышленное освоение Урало-Эмбенского нефтеносного района в связи с проблемой Большой Волги)

Впервые вопрос широкого, промышленного освоения Урало-Эмбенского нефтеносного района был поставлен В. И. Лениным. Еще в 1920 г., вскоре после освобождения этого района от белых банд, по его предложению была начата постройка железной дороги Александров — Гай — Эмба (Алгэмба) с целью соединить этот отдаленный и пустынный край с центром нашей страны. Это могло послужить началом создания и широкого промышленного освоения обширной нефтяной базы. Тогда же им был поставлен вопрос о прокладке нефтепровода с Эмбенских нефтяных промыслов, с выходом его на Волгу. Нефтепровод предполагалось вести сначала навстречу, а потом вдоль строившейся тогда Алгэмбы. Было решено разобрать бездействовавший тогда нефтепровод от Майкопа до Туапсе и перебросить трубы на Эмбу. Так как длина линии Майкоп — Туапсе равнялась всего 80 км, то трубами с разобранного нефтепровода можно было покрыть только незначительную долю потребности в них для вновь запроектированного нефтепровода, длина которого была не менее 450 км, если считать от Эмбенских промыслов только до Александрова-Гая. Нельзя было и мечтать добыть недостающее количество труб где-либо внутри нашей страны. Их вообще не было. Поэтому, по предложению Владимира Ильича, была создана комиссия, которая занялась разработкой вопроса о возможности применения для нефтепровода не металлических, а деревянных труб. А кроме того, на первых порах признано было возможным ограничиться постройкой лишь части линии. Сооружение нефтепроводной линии началось на р. Урале, у Гребенщикова, где был устроен переход через реку нефтепроводной линии и были уложены первые трубы на дне реки. Работы по постройке Алгэмбы и по сооружению нефтепровода продолжались около года. Почти одновременно с учреждением Госплана и Главного управления по топливу (ГУТ'У), в апреле 1921 г. был поставлен в СНК РСФСР вопрос о прекращении строительства Алгэмбы, а вместе с этим, и нефтепровода. Необходимость решения более злободневных и срочных задач по вос-

становлению народного хозяйства, ставших перед партией и правительством после ликвидации фронтов гражданской войны, во всей остроте отсрочила на многие годы разрешение задачи о связи Урало-Эмбенского района с центром страны. Это обстоятельство, наряду с другими факторами, задержало развитие и промышленное освоение района. Отсутствие ж.-д. магистрали, связывающей Урало-Эмбенский район с остальной ж.-д. сетью, отрезало край на целые полгода после закрытия навигации, что дезорганизовало правильное его снабжение оборудованием и продовольствием. Отсутствие правильно налаженного вывоза нефти из района при разбросанности нефтяных месторождений по всему краю — создавало громадные затруднения, когда возникали конкретные вопросы промышленного использования, не только района в целом, но и отдельных его нефтяных месторождений, в том случае, когда разведка на них приводила к положительным результатам, когда вставал вопрос, что же делать с полученной нефтью?

Так, например, со всей остротой встал вопрос, куда девать нефть с Новобогатинского месторождения, когда было решено организовать промысел и наладить регулярную добычу нефти на нем, после того как в нескольких скважинах там получена была нефть промышленного значения. Такой же вопрос стоит теперь перед нами в связи с промышленным освоением Косчагыла, где разведка дала блестящие результаты.

По инициативе тов. И. В. Сталина на востоке СССР в настоящее время создана мощная угольно-металлургическая база. Мы являемся свидетелями разрешения одной из величайших хозяйственных проблем, воплощенной в УКК. Осуществление этой проблемы втягивает в свою орбиту использование всех производительных сил обширного края нашего Союза. Разрешение этой проблемы потребовало, между прочим, обеспечения ее жидким топливом и разного рода нефтепродуктами. Логическим следствием, вытекавшим из этой проблемы, явилась необходимость создания громадного нефтекомбината на востоке в пределах УКК.

По инициативе тов. И. В. Сталина уже приступлено к прокладке нефтепровода Каспий — Орск и сооружению мощных, нефтеперегонных заводов в Орске. По современному состоянию промышленной разработки нефтяных месторождений Урало-Эмбенского района нефтепроводная линия Каспий — Орск может питаться пока нефтью наших старейших районов: Баку и Грозного. Впоследствии эту нефть должен дать Урало-Эмбенский район. Нефтью этого района должна быть заполнена не только линия Каспий — Орск, но и снабжены ею нефтеперегонные заводы Орска. Нефть из Урало-Эмбенского района должна поступить и на Волгу, где проектируется постройка ряда мощных нефтеперегонных заводов.

Постановление партии и правительства о постройке гидроэлектростанций на Верхней и Средней Волге и об орошении Заволжья путем постройки плотины у Камышина вызвало к жизни новую грандиозную проблему — проблему Большой Волги или Волго-Каспия. Разрешение этой проблемы даст возможность взять в свои руки режим

одной из величайших и могучих рек мира. Разрешение этой проблемы снабдит нас громадным количеством энергии, а орошение Заволжья изменит природу этого огромного края. Оно превратит его богатейшую в сельско-хозяйственном отношении область, где возникнут мощные совхозы и индустриальные гиганты.

Для разрешения этой громадной проблемы также потребуются нефть и нефтепродукты. Тысячи тракторов, которые заработают в этом крае, будут нуждаться в бензине, керосине, смазочных маслах и т. д. Следовательно, необходимость удовлетворения потребности в нефти и различного рода нефтепродуктах для УКК, для нефтепровода и нефтеперегонных заводов на Волге, для новых сельскохозяйственных и промышленных предприятий, которые возникнут в результате разрешения проблемы Большой Волги, ставит со всей остротой вопрос о необходимости скорейшего создания новой мощной нефтедобывающей базы на востоке нашего Союза. Это же настоятельно требуется и задачами оборонного характера. Не нужно забывать, что наши нефтяные жемчужины Баку и Грозный расположены вблизи границ нашего Союза и могут быть подвержены всякого рода случайностям в условиях военного времени.

Возникает естественный вопрос: имеются ли на лицо необходимые предпосылки для создания такой базы? Если несколько лет тому назад такой вопрос мог нас смутить и заставить недоумевать, то сейчас мы можем говорить с большой определенностью, что такие предпосылки существуют и что нефтедобывающая база на востоке Союза может быть создана. Мы можем указать и составные части этой базы; ими явятся Урало-Эмбенский район, новые нефтеносные районы западного склона Урала (Стерлитамакский, Чусовской, Каировский и др.), а также огромная площадь, примыкающая к среднему Поволжью и прослеживаемая в восточном направлении вплоть до западных предгорий Урала. Какие же промышленные перспективы таят в себе названные районы в отношении их нефтеносности?

Даже краткая геологическая характеристика этих районов и беглое ознакомление с признаками в них нефтеносности и результатами геолого-разведочных работ на нефть позволяют нам с полной определенностью заявить, что промышленные перспективы этих районов в отношении их нефтеносности огромны. Рассмотрим каждый из этих районов в отдельности и начнем с Урало-Эмбенского.

Еще не так давно под именем Урало-Эмбенского района понималась площадь, расположенная между р. Уралом на западе и р. Эмбой на востоке. Южной границей этой площади является прибрежная полоса Каспия, а на севере и северо-востоке — Оренбург — Ташкентская ж.-д. В указанных пределах эта площадь равняется приблизительно 130 тыс. км^2. Указание на признаки нефти вблизи Уральска в Озимках и в «Мертвых Солях» в структурах такого же типа, как и в других местах Урало-Эмбенского района, наличие многочисленных выходов газа между Волгой и Уралом в Новоказанском районе и ряд других фактов, добытых геологическими и геофизическими методами разведки, значительно расширяют эту область в отношении распро-

странения на ней признаков нефтеносности. Ее западная граница должна быть отнесена до р. Волги, юговосточная с р. Эмбы должна быть передвинута к плоскогорью Устюрт, а северная — поднята до южных уступов Общего Сырта (фиг. 1). Территория в указанных границах занимает площадь, приблизительно равную 500 тыс. км^2.

В строении этого обширного района принимают участие разнообразные геологические образования, начиная с пород нижне-пермского возраста и до современных образований включительно.

Фиг. 1.

Не останавливаясь на стратиграфии этого района и отсылая интересующихся этим вопросом к довольно обширной литературе по этому вопросу, я считаю необходимым упомянуть, что среди пермских отложений, представленных кунгурским ярусом, залегают мощные залежи каменной соли весьма значительных размеров, которые играют исключительную роль в тектонике района; на некоторых особенностях этой тектоники, играющей чрезвычайно важную роль в распределении нефтеносности района, необходимо остановиться несколько подробнее.

Долгое время, вплоть до применения геофизических методов разведки, о тектонике Урало-Эмбенского района существовали довольно примитивные воззрения, не вытекающие из одного определенного, целостного взгляда. В литературе мы встречаем однообразные указания, что в пределах рассматриваемого района встречаются купола обычно небольших размеров, разбитые сеткой сбросов, по которым произошли подъемы и опускания отдельных частей этих куполов, что в строении этих куполов чаще всего принимают участие породы мезозоя: нижней и средней юры и все последующие образования до

верхнего мела включительно. Более молодые третичные образования принимают участие в более редких случаях, по преимуществу в куполах юговосточной части района, расположенных по р. Эмбе и далее к юго-востоку от нее.

В Гурьевском районе на Искине, Черной Речке, а также на самом юге — в Карачунгуле были встречены купола, в которых сводовая часть была образована породами пермского возраста. Такие купола сравнительно были редки.

Особенность тектоники констатировалась с большой подробностью, но не делалось попыток создания более или менее отчетливого представления о генезисе такой тектоники, попыток ее увязки в единую, стройную, генетическую картину. Между тем уже давно отдельные скважины, пробуренные на некоторых куполах, например, на Доссоре, на Макате, в Новобогатинске, показали, что в основаниях этих куполов залегают мощные штоки соли.

Долгое время этому обстоятельству исследователи не придавали большого значения; наличие соли в куполах не ставилось в связь с тектоникой района и с его нефтеносностью. Так как разведка и разработка первых месторождений Доссора и Маката показала, что промышленные залежи нефти в Урало-Эмбенском районе подчинены свитам верхней и средней юры (2 + 3) — так называемой доссорской свите, то при поисках и разведках на нефть главное внимание обращалось на поиски этой свиты и выяснение условий залегания нефти именно в ней; короче говоря, целевой установкой и поисков и разведок была юрская нефть. С этой точки зрения производилась оценка благонадежности разведываемых месторождений, и благонадежными считались только те из них, в которых юрские породы залегали, с точки зрения геологической, в благоприятных условиях.

При таком переходе структуры, где в сводах куполов встречались более древние породы, например, пермские отложения обыкновенно забраковывались, ибо считались неблагонадежными в нефтеносном отношении. В соответствии с этим направлялась вся разведка новых месторождений.

Однако разведочные и поисковые работы последних лет показали, что нефть в Урало-Эмбенском районе в промышленных количествах подчинена не только юре, но и более древним верхне-пермским отложениям или, как они часто называются, пермо-триасу. В 1930 г. был открыт нефтеносный горизонт в верхне-пермских отложениях Маката. Несколько позднее в отложениях того же возраста была найдена нефть в восточной части района в Шубаркудуке. Вспомним, что и на Карачунгуле, еще до Революции, в 1899 г. первый фонтан, давший около 5000 т, был получен из пермских отложений. Эти факты заставили фиксировать внимание при разведках на более глубоких горизонтах, заставили итти с бурением в более глубокие зоны района. А это привело к открытию общего закона, что в основании большинства куполов залегает соль. Кроме того, советская нефтяная промышленность широко использовала опыт США — первой в мире страны по добыче нефти.

Наше знакомство с нефтяными месторождениями Техаса и Луизианы в США обнаружило, что там нефть находится в тесной зависимости от соляных куполов и что богатейшие нефтяные месторождения вроде Спиндлтопа как раз являются соляными куполами.

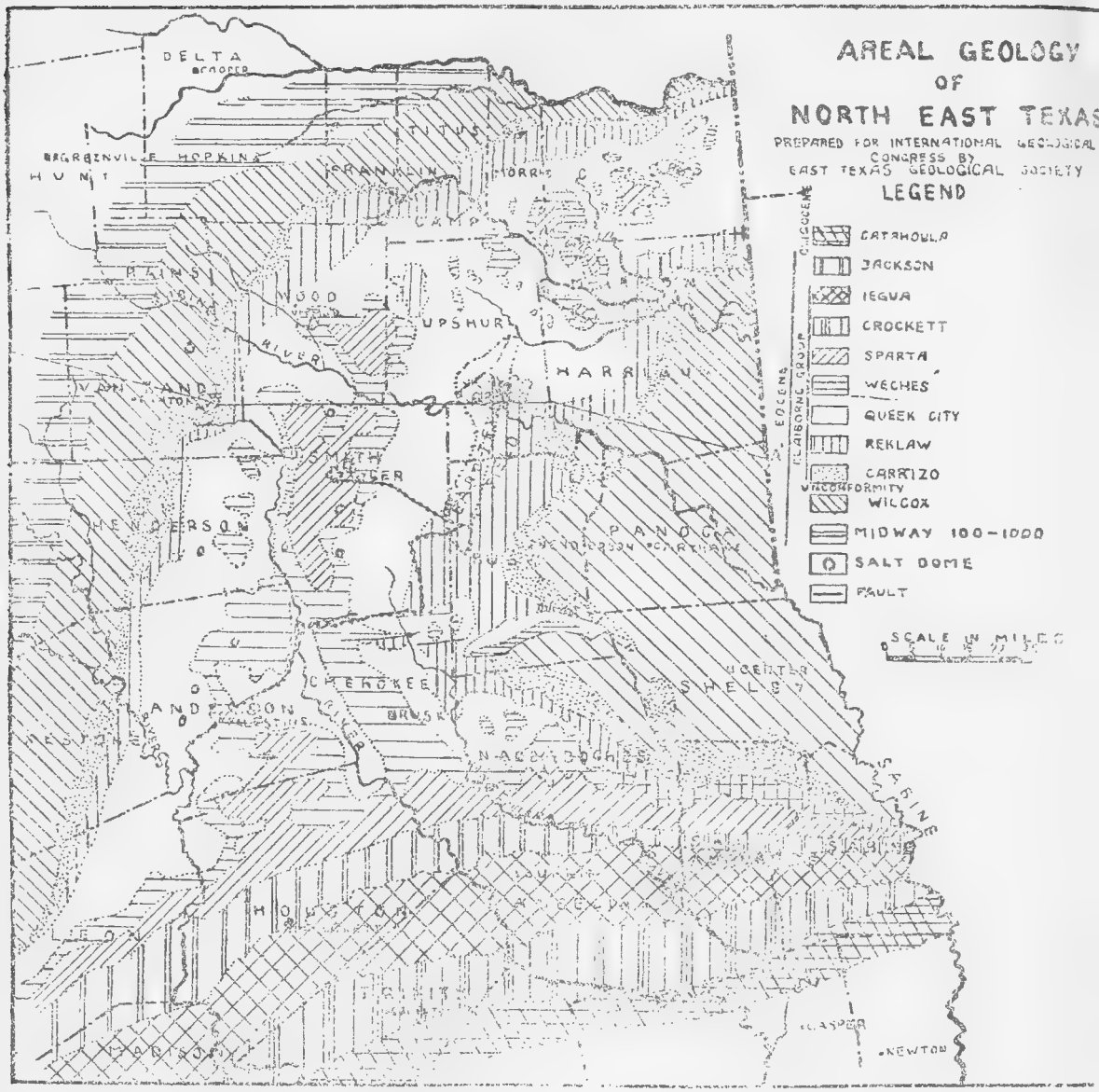
Вместе с тем знакомство с американскими месторождениями нефти показало, что американцы применяли к отысканию соляных куполов геофизические методы разведки: гравиметрию, сейсмометрию, электроразведку, которые дали блестящие результаты. Число соляных куполов, известное до применения этого метода в единицах и десятках, после применения геофизических исследований насчитывалось сотнями. Вместе с тем широко развилась и разведка соляных куполов глубоким бурением, в результате чего был открыт ряд новых богатых нефтяных месторождений. В настоящее время область южного Техаса и Луизианы, где нефть приурочена к соляным куполам, является одной из богатейших нефтяных областей в США.

Пример США был воспринят и освоен нами. Мы применили по отношению к Урало-Эмбенскому району новые, геофизические методы разведки, благодаря чему получились неожиданные результаты. К тем немногим соляным штокам, которые открыты были нами глубоким бурением, присоединились десятки, сотни соляных куполов, открытых геофизическими методами разведки.

Если до применения методов геофизической разведки мы могли говорить, что соль залегает в основании трех-четырех эмбенских куполов, наиболее нами разведанных, то теперь мы можем говорить о сотнях новых соляных куполов. На площади в 130 тыс. км^2 в данное время насчитывается 262 соляных купола, которые открыты разведочными работами в течение первой пятилетки путем широкого применения геофизических методов разведки. В настоящее время считается, что, приблизительно, на каждые 400—450 км^2 приходится по одному соляному куполу. Если это соотношение останется справедливым и за границами прежней площади, которая считалась нефтеносной в Урало-Эмбенском районе, то на территории всего района между р. Волгой и Устюртом, на пространстве в 500 тыс. кв. миль, число куполов может возрасти до 1000.

Установление факта, что соляные купола в Урало-Эмбенском районе имеют огромное региональное распространение, изменило коренным образом наши взгляды на тектонику этого района. Сама собою возникла идея так наз. соляной тектоники, которая характеризуется тем, что соляные массы под влиянием давления приобрели пластические свойства и в таком состоянии выдавливаются в окружающие их породы, внедряются в них в виде ядер, раздвигая боковые породы и приподнимая вышележащие; одним словом, поднимаются снизу вверх по линиям наименьшего сопротивления.

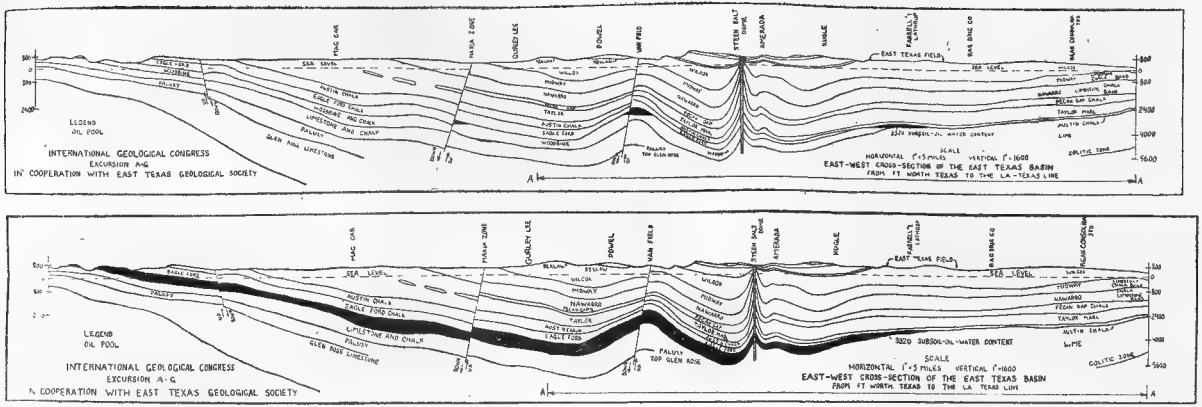
Если взглянуть на распределение соляных куполов на территории Южного Техаса и Луизианы, то нельзя найти каких-либо господствующих направлений, по которым они распределились бы. Нельзя установить закономерности в их распределении. Прежде, когда этих куполов было открыто сравнительно немного, их удавалось разместить



Фиг. 2. Геологическая карта северовосточного Техаса.

по основным дислокационным линиям — по двум господствующим направлениям сбросов, из которых одно направление совпадало с направлением Balcones fault с SW на NE, а другое — со сбросовой зоной Красной реки с SE на NW. Предполагалось, что соляные купола сидят на пересечении этих господствующих направлений! Теперь, когда число этих открытых куполов значительно возросло, чрезвычайно трудно говорить о какой-либо закономерности в распределении соляных куполов в пределах указанных территорий. Я привез с собою карту и профиля Areal Geology of North East Texas (фиг. 2, 3), приготовленные для членов Международного геологического конгресса.

На этой карте в пределах сравнительно небольшой площади ($40 \times 50 = 4500$ кв. миль) нанесено 17 соляных куполов, где каждый соляной купол приходится на площадь приблизительно 260 кв. миль или



Фиг. 3. Геологические профили через северовосточный Техас.

670—680 км². Выявить какую-либо закономерность в распределении этих куполов не представляется возможным. Если взять всю область Gulf'a с нанесенными на нее куполами, то и в этом случае не придется говорить о наличии какой-либо закономерности в распределении соляных куполов и их связи с определением большинства тектонических линий.

Если мы произведем такой же обзор куполов в Урало-Эмбенском районе, то и здесь представляется довольно трудным говорить об определенной закономерности в их распределении в связи с крупными тектоническими линиями. Попытки установления закономерности в распределении эмбенских куполов были произведены геологом Тихановичем, который приурочивал их к нескольким антиклинальным поднятиям. Но потом, когда число куполов возросло, стерлись намеченные направления в их распределении, стоит только взглянуть на прилагаемую карту, чтобы убедиться в этом. Мы пока не видим более или менее определенных тектонических направлений, по которым бы шло распределение этих куполов. Очевидно, места этих куполов тесно связаны с условиями возникновения и накопления соляных масс в тех бассейнах, где шло отложение соли. Из условий отложений возникли неровности дна, из условий отложений возникли места с неодинаковой нагрузкой, — более ослабленные и более перегруженные пункты. Эта дифференциация с течением геологического времени делалась все более определенной, все более и более нарастала. Под влиянием вертикального давления произошло окончательное формирование куполов, их подъем, сопровождаемый разрывом над ними залегающих пород, процессы местного опускания на куполах, в результате чего возникла та пестрая картина строения куполов, которую мы наблюдаем теперь. Соляные купола интересны для нас, главным образом, в том отношении, что они, в большинстве случаев, являются теми геологическими структурами, к которым приурочены нефтяные месторождения. Нефтеносность большинства соляных куполов США является доказанной путем непосредственной, промышленной разведки этих куполов.

В Урало-Эмбенском районе, также путем промышленной разведки и разработки доказана нефтеносность некоторых из разведанных соляных куполов. Примером могут служит некоторые купола Темирского района, напр. Шубаркудук, купола Доссорского района, Гурьевский район, например, Южное Искине, Новобогатинск, Байчунас, Косчагыл и некоторые другие. В США нефтяные залежи встречаются над соляными куполами в породах, связанных с так называемой шапкой (кепрок), а также по периферии соляного купола в боковых породах, прилегающих со всех сторон к соляному штоку. Это — так наз. боковые залежи, приуроченные к крутым склонам соляных куполов.

Вначале американцы открыли только залежи нефти в покрышке соляных куполов (кепрок), а потом они открыли и боковые залежи. Нефтяное месторождение Спиндлтон представляет в этом отношении замечательный пример; в нем разрабатывалась сначала только верхняя

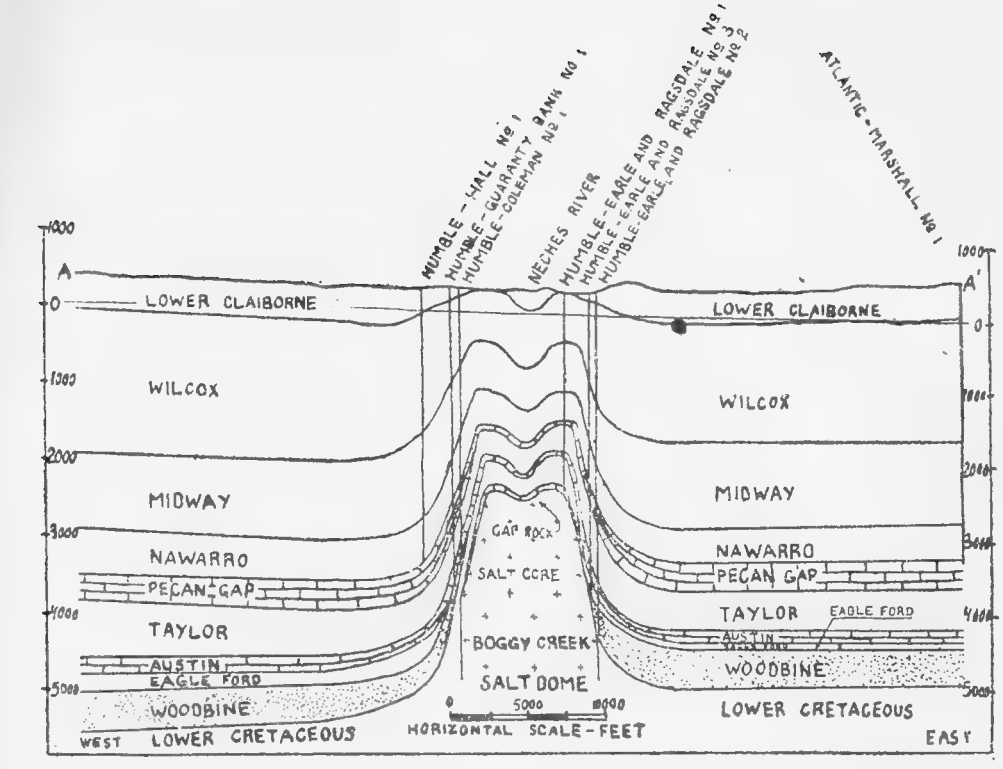
залежь в шапке купола, и месторождение было доведено почти до полного истощения. Потом была открыта боковая залежь на периферии купола Спиндльтоп. В настоящее время это месторождение дает нефти больше, чем оно давало раньше, в годы расцвета эксплоатации верхней залежи.

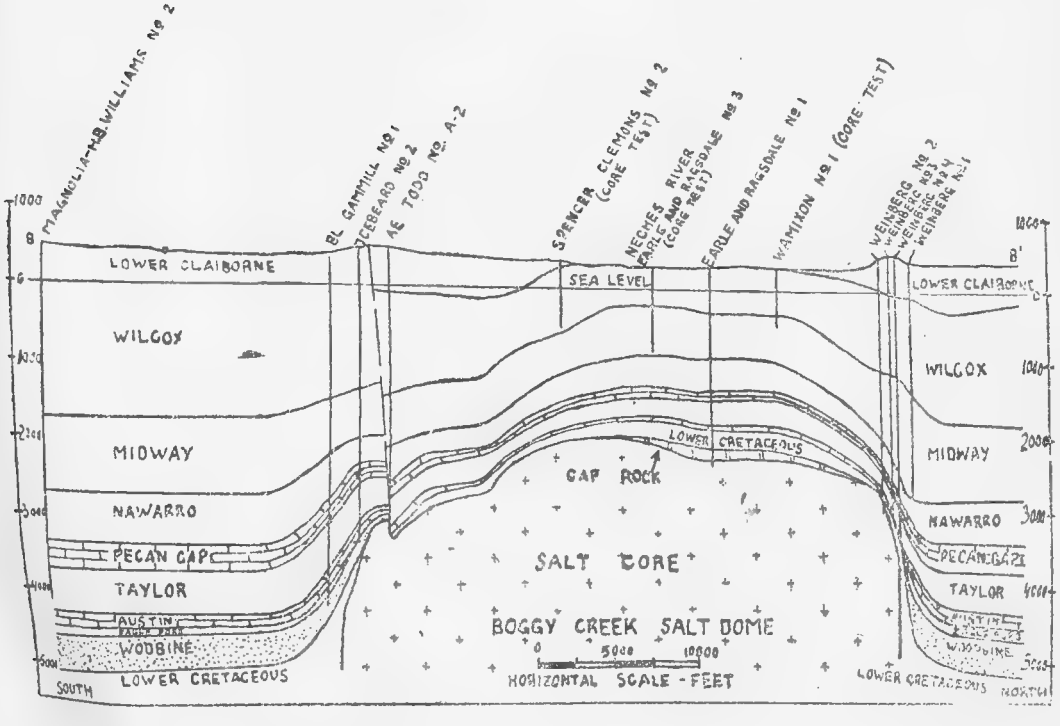
В настоящее время в Америке целью поисков нефти, связанной с соляными куполами, являются поиски как верхних залежей, расположенных над куполом, так и боковых залежей, расположенных по периферии купола, у крутого склона соляных штоков.

Если познакомимся со строением разведанных нами нефтяных месторождений Урало Эмбенского района, то мы увидим большое сходство в строении между этими куполами и куполами США. Особенно поучительным в этом отношении является строение купола Спиндльтопа, Boggy Creek (фиг. 4) и др. в США и соляного купола на южном Искинэ Гурьевского района (фиг. 5, 6, 7, 8 и 9). Если взять другие наши купола и сравнить их с куполами США, мы найдем в них поразительное сходство. Для примера, кроме Искине, можем взять купол Черной Речки (фиг. 10 и 11), Шубаркудука, Доссора, Маката и др. и сравнить их с куполами Восточного Техсаса Boggy Creek и др., чтобы видеть полную аналогию в строении этих куполов. В наших соляных куполах, как и в американских, залежи нефти встречаются над куполом, а также и по периферии купола у крутых склонов соляных штоков. Примером залежей первого рода являются нефтяные горизонты, приуроченные к Юре, разрабатываемые нами на Доссоре (фиг. 12 и 13) и на Макате. Кроме того, богатая юрская нефть встречена над соляным штоком на Косчагыле (фиг. 14), и более бедная на Шубаркудуке. Нужно заметить, что иногда аналогия в строении наших и американских соляных куполов отражается в мелочах. В некоторых из куполов Урало-Эмбенского района (Доссор, Черная Речка и др.) над солью залегает порода-шапка (кепрок). Кепрок американский представляет собою иногда залежи гипса, ангидриды, или же доломиты, проникнутые гипсом и ангидридом; над шапкой располагаются нефтяные залежи. У нас на Доссоре над солью залегает гипсовая шапка, а выше ее залежи нефти еще в доссорской свите юрского возраста.

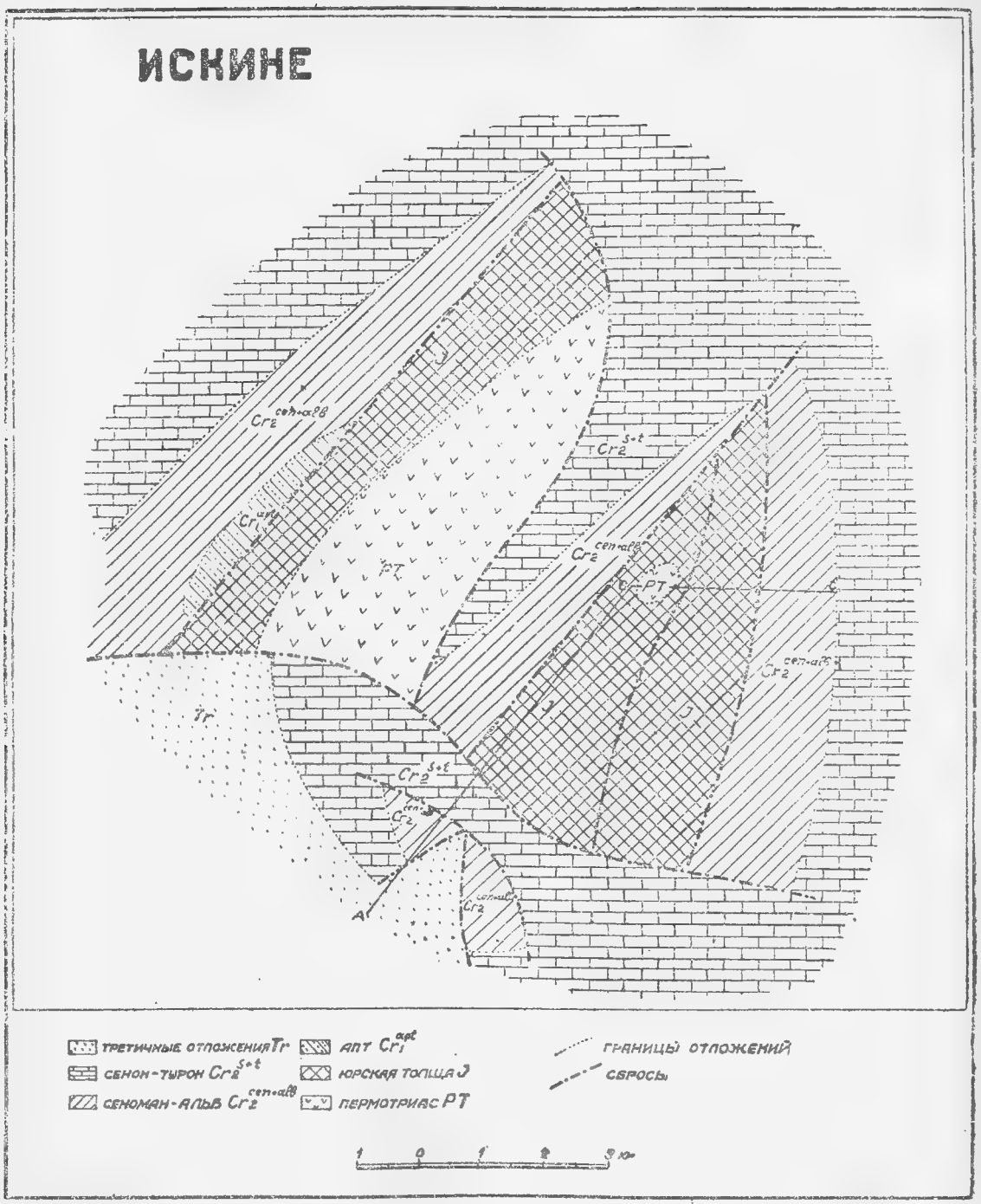
В результате разведочных работ за два последние года нами открыты залежи нефти, приуроченные к периферийным частям соляного купола, к его крутому склону. Наиболее ярким примером в этом отношении является Южное Искине, представляющее, как я уже сказал, полную аналогию с соляным куполом Спиндльтопа в США. Найдена боковая нефть и на Шубаркудуке. Относительно остальных многочисленных куполов мы пока не можем говорить с такой определенностью, с которой мы говорим об уже разведанных куполах, но, мне думается, что нет никакого сомнения в том, что в громадном количестве соляных куполов мы будем встречать нефтяные залежи и над солью и по перферии соляных куполов (боковые залежи).

Таким образом, если мы можем говорить, что в Урало-Эмбенском районе насчитываются сотни соляных куполов, то мы можем говорить, что Урало-Эмбенский район содержит в своем составе сотни нефтя-





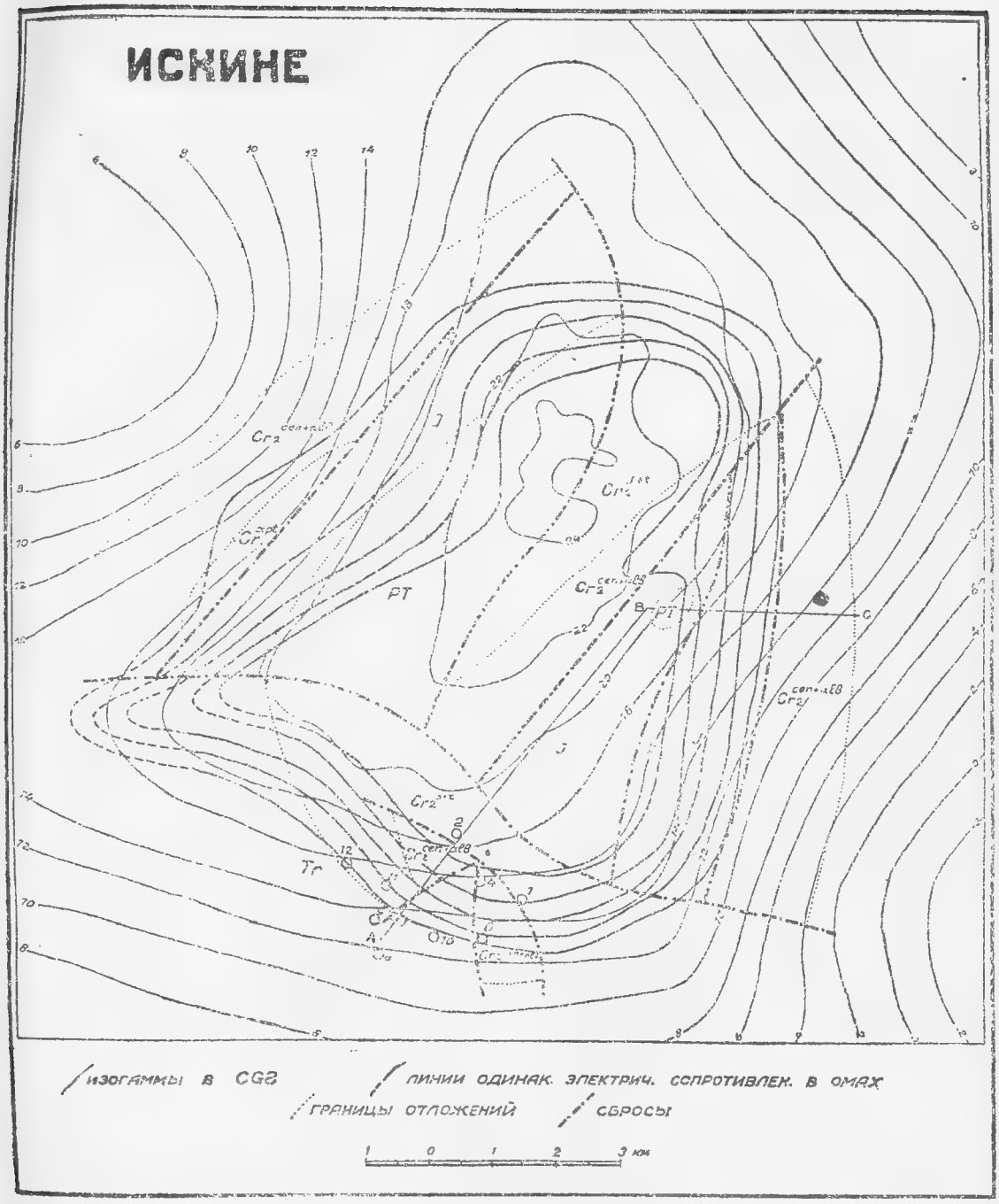
Фиг. 4. Разрез через купол Boggy-Creek.



Фиг. 5. Геологическая карта Искине.

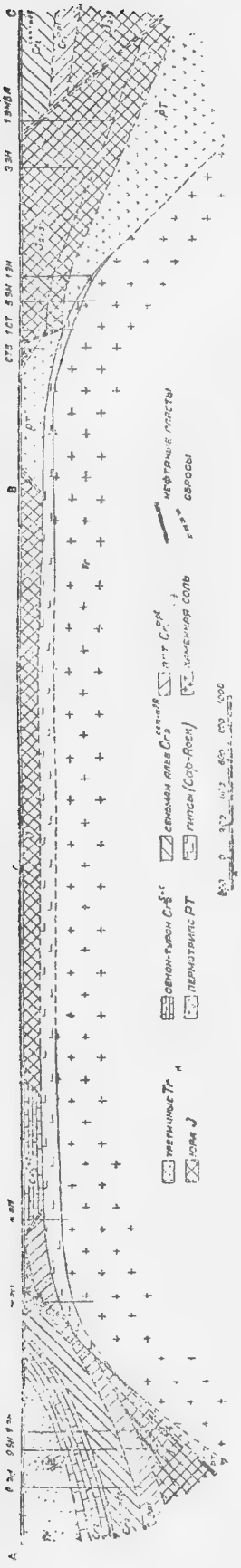
ных месторождений, которые являются до настоящего времени неразведанными и, быть может, только часть их является намеченной геофизической разведкой.

Два года тому назад мы считали, что разведкой установлено около 200 геологических структур, благоприятных для скопления нефти. На основании этого, предполагаемые запасы нефти мною исчислялись тогда в 400—450 млн. т. Я исходил из такого расчета:



Фиг. 6. Геологическая карта Искине.

если только половина установленных нами геологических структур окажется благоприятной и если общие запасы в каждой структуре по примеру Доссора считать приблизительно равными, в среднем, 4 млн. т, то и получается цифра в 400—450 млн. т. Теперь, когда число структур увеличилось и, кроме того, мы ожидаем, что дальнейшая разведка и впредь, с каждым годом будет умножать число этих структур, можно смело сказать, что мои расчеты являются не преувеличенными, а сильно преуменьшенными. Сейчас давать более или менее определенную цифру запасов не представляется возможным.



Фиг. 7. Разрез через купол Искине.

Некоторые авторы, исходя из наличия открытых в настоящее время куполов, склонны увеличивать эти запасы до 1000—1200 млн. т. Не определяя пока точно цифры, можно говорить, что эти запасы огромны, их хватит с избытком на многие десятилетия, что громадное строительство, которое проектируется в связи с Большой Волгой и с УКК, обеспечивается ими на долгие сроки.

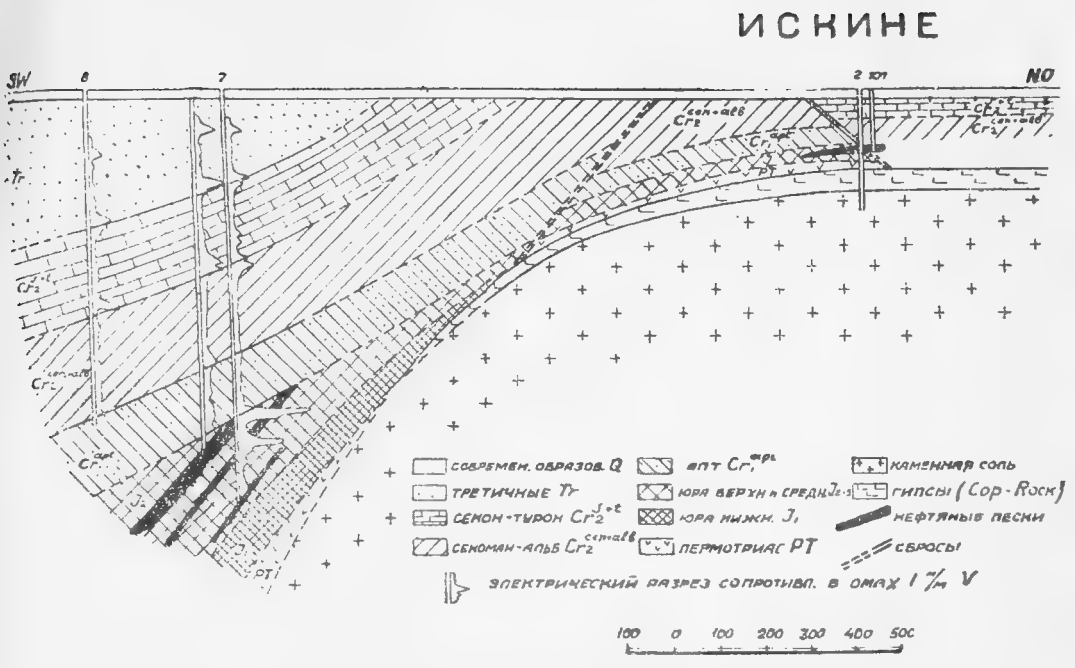
Чтобы получить конкретное и реальное представление о цифре в 400—450 млн. т, нужно вспомнить, что за 60 слишком лет разработки бакинских нефтяных месторождений оттуда взято всего навсего около 250 млн. т. В наших расчетах еще не учтена та часть нефтеносного района, которая расположена к северо-востоку от Оренбург-Ташкентской ж. д. и носит название Актюбинского района. В этом районе последними исследованиями установлено 19 тектонических структур (антиклинальные складки); большинство их имеет наружные признаки нефтепроявлений. Число благоприятных для разведки структур насчитывается около 17. Признаки нефти здесь приурочены ко всем отделам пермской системы, начиная с артинских слоев и до верхне-пермских слоев включительно.

Таковы огромные промышленные перспективы Урало-Эмбенского района.

Недра этого района хранят огромные нефтяные богатства, а между тем использование этих недр являлось, и ныне является ничтожно малым. Из сотен месторождений в настоящее время разрабатываются только единицы: Доссор, Макатт, Байчунас. Урало-Эмбенскому району уделялось в прежнее время, уделяется и в настоящее время очень мало внимания. Вспомним вкратце историю его разведки и промышленной разработки.

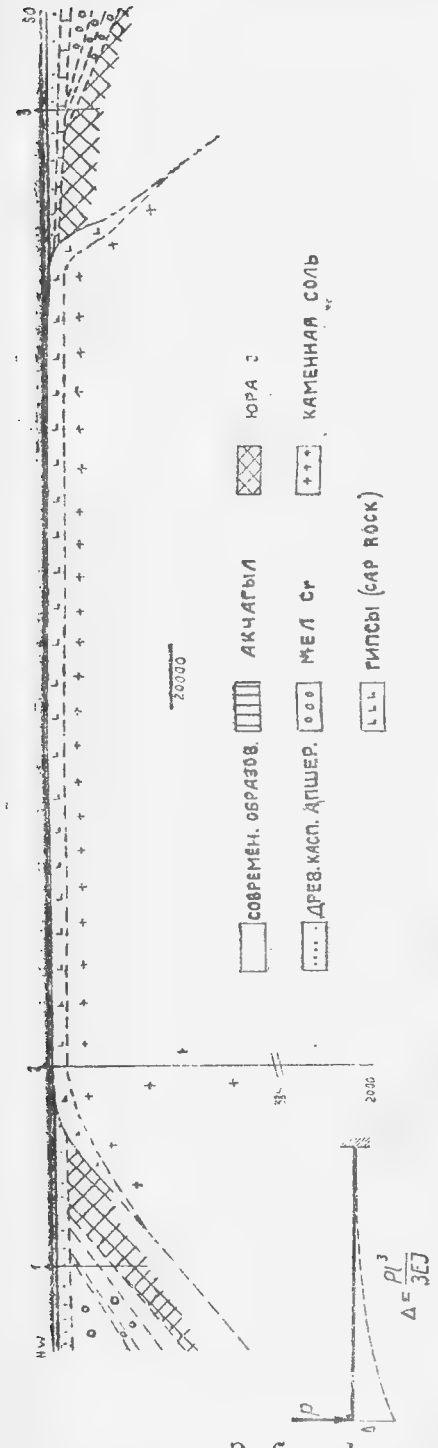
Несмотря на то, что первые указания на наличие нефтепроявлений в этом районе относятся еще к 1857 г., только через 40 лет Рязано-Уральская ж. д. послала сюда первую геологическую экспедицию, под руководством геолога С. Н. Никитина. Только тогда были заложены первые разведочные скважины.

Несмотря на то, что еще в 1899 г. на ур. Карачунгул был получен первый фонтан, который с совсем незначительной глубины дал



Фиг. 8. Разрез через южное Искине.

Фиг. 9. Черная речка.

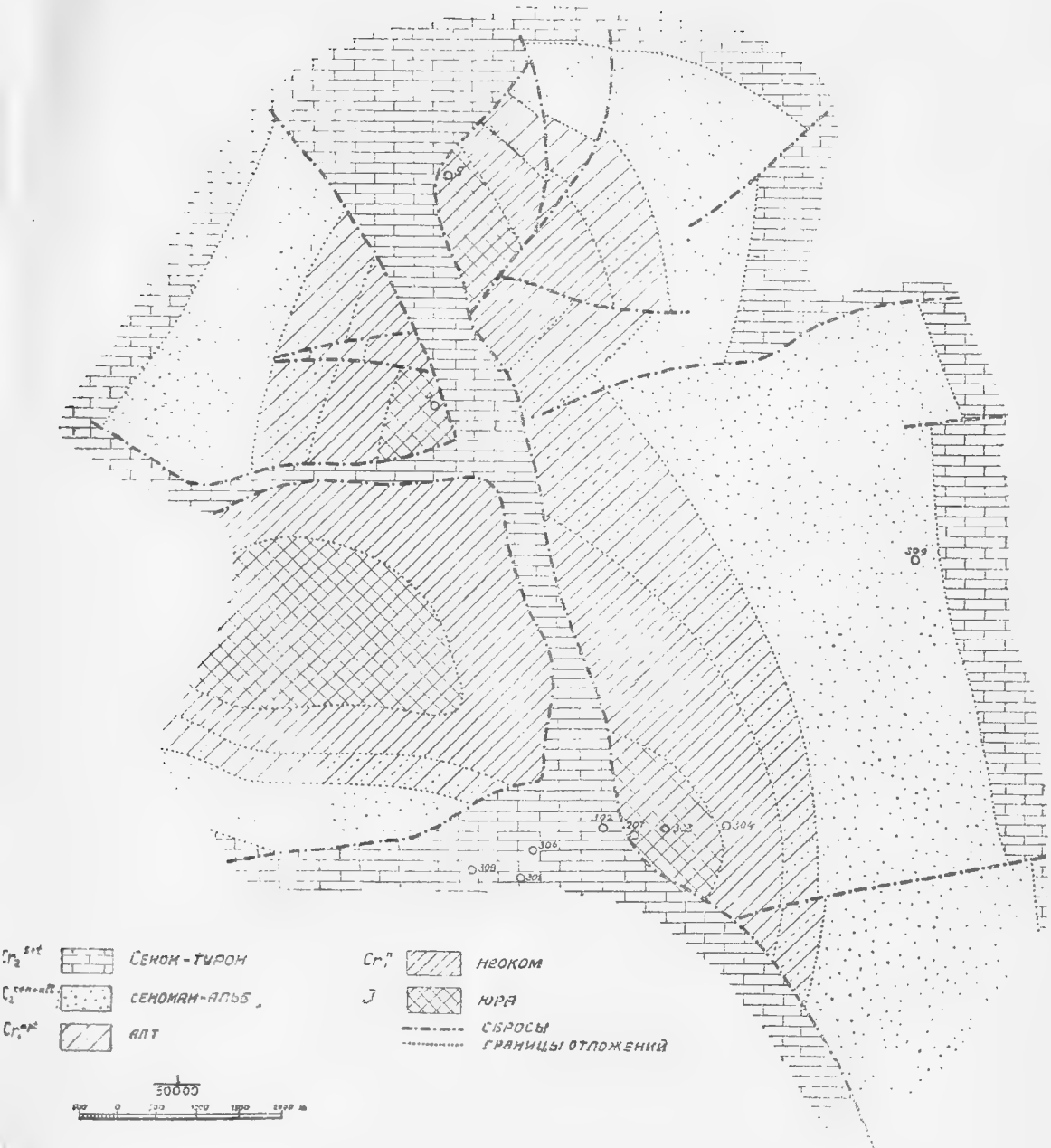


Фиг. 10. Геологический профиль купола Черная речка.

около 5000 т нефти, только приблизительно с 1908 г. началась более или менее серьезная разведка некоторых месторождений. Разведки тогда были организованы на Доссоре, Макате, Карачунгуле, Каратоне.

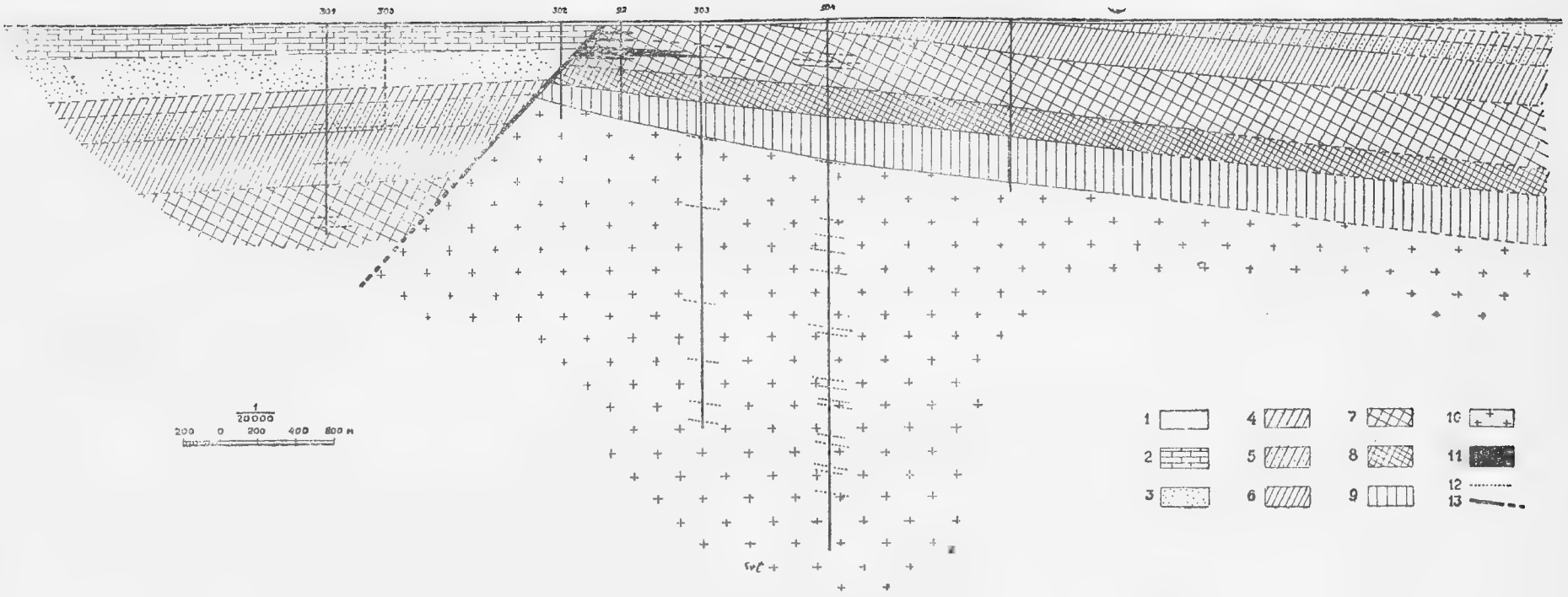
При разведке Карачунгула, расположенного в южной части района к югу от нижнего течения р. Эмбы, снова были получены благоприятные результаты. Там была пробурена 21 скважина глубиной 33—235 м. Некоторые скважины показали фонтанные притоки нефти с дебетом до 150 т в сутки. Эти благоприятные данные разведки Карачунгула явились причиной организации довольно большого нефтяного общества, которое в 1910—1911 гг. вело работы на Доссоре. В результате этих работ из скважины № 3 в 1911 г. с глубины 225—226 м был получен первый, мощный фонтан, давший около 16 700 т нефти и послуживший началом разработки Доссорского месторождения. Позднее в разработку было вовлечено второе нефтяное месторождение — Макат и вплоть до революции разработка ограничивалась только этими двумя месторождениями. Разведка, правда, велась и на ряде других месторождений, но велась она чрезвычайно слабыми темпами.

После национализации Урало-Эмбенскому району уделялось тоже очень мало внимания. Разработка его совершалась чрезвычайно слабыми темпами. Одновременно Макат находился в консервации. Создание треста Эмбанефть несколько ускорило эти темпы и развитие этого района пошло куда более быстро, чем при капиталистах. Хотя темпы и размах работ Эмбанефти далеко не соответствовали тем колоссальным возможностям, которые хранит в себе этот обширный район, тем не менее дело было сдвинуто с мертвой точки. До момента национализации весь список нефтяных месторождений всего района исчерпывался 59-ю названиями, из которых разрабатывалось только два. После национализации к этим месторождениям прибавили еще



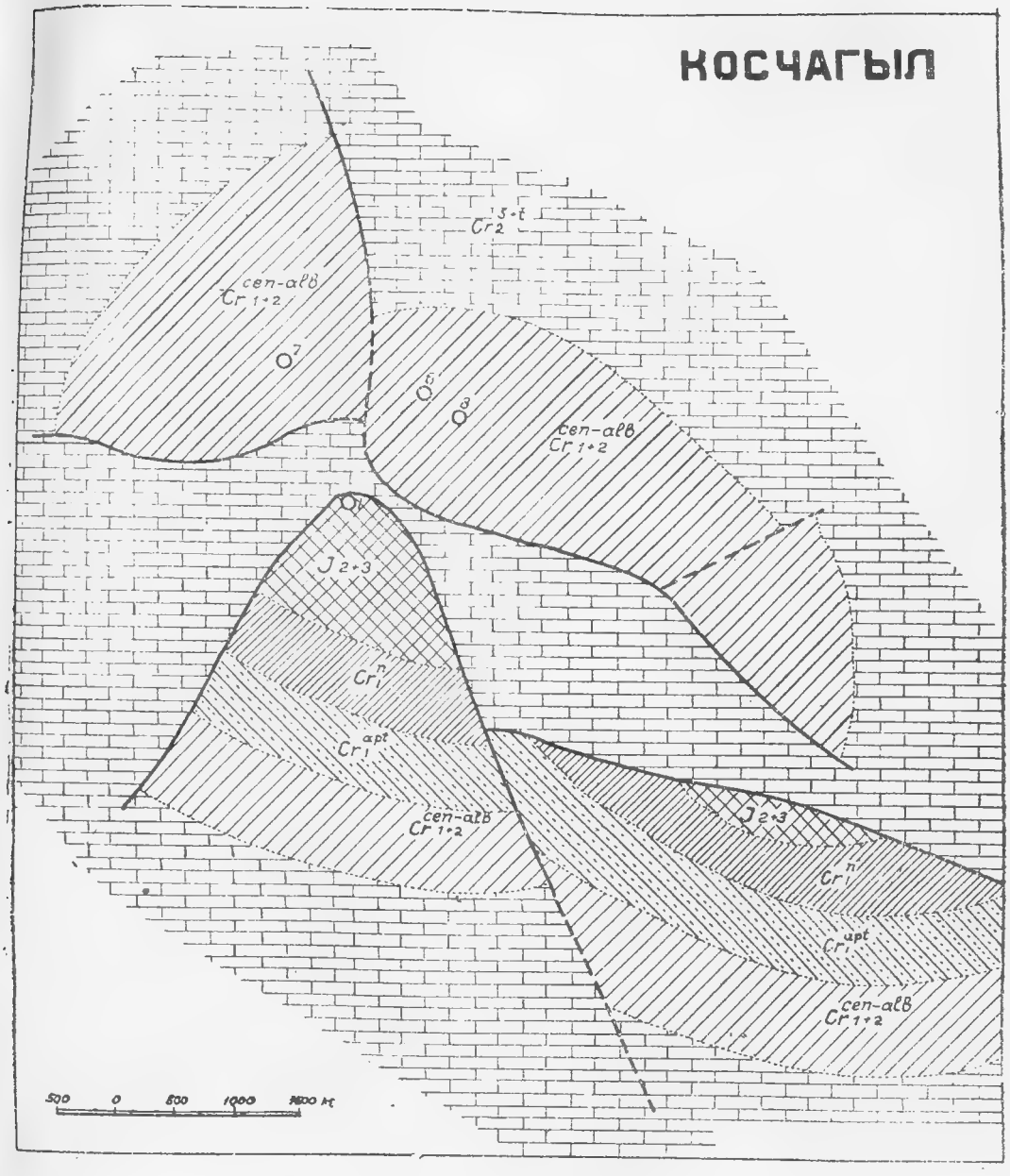
Фиг. 11. Геологическая карта Доссора.

два и вовлекли в разработку, за последние годы, Вайчунас и Сагиз, а также установили промышленное значение месторождений Косчагыл, Шубаркудук и Джаксымай. Вместе с этим за последние 8 лет были широко развернуты геолого-разведочные работы и в особенности методами геофизики, в результате чего установлено наличие 262 соляных куполов, причем за это время открыто 89 геологических куполов с нефтепроявлениями; 66 куполов без наружных признаков нефтепроявления, но благоприятных по своей структуре и методами гравиметрической съемки открыто 88 куполов. По сравнению с дореволюционным список месторождений увеличился почти в 4 раза. За истекшее



Фиг. 12. Разрез через купол Доссора.

1—современные образования, 2—сенон-турон Cr_2, $^{s+t}$ 3—сеноман Cr_2, ^{Cen,} 4—альб Cr_1 $^{alb.}$ 5—апт Cr_2, ^{apt} 6—неоком Cr_1, п 7—юра (верхн. и средняя) I_2+_3, 8—юра (нижн.) I_1, 9—пермотриас PT, 10—пермь (соль) P_1 ^{k} 11—нефтяные пески, 12—нефтяные признаки, 13—сброс.



Фиг. 13. Геологическая карта Косчагыла.

время в разведке перебывало всего 22 месторождения, причем судя по данным треста Эмбанефть, выявлена промышленная ценность 9 месторождений (Доссор, северный Макат, южный Макат, Сагиз, южный Байчунас, южное Искине, Шубаркудук, Джаксымай и Касчагыл). Получены пока отрицательные результаты при разведке 7 месторождений (западный Макат, Бек-Беке, Новобогатинск, Джаман-Агач, Иманкара-Муртук). Но эта отрицательность весьма подозрительного свойства. Нужно сказать, что разведка ни одного из этих месторождений не доведена до конца. У разных авторов мы встречаем и разную оценку результатов разведки (пример: Иманкары, оценка Буянова и Шумилина). Не получено определенных результатов на 6 месторождениях (Каратон, Биз-Бюлюк, Кеке-Бас, Черная Речка

и Джалтыр). Из общих запасов в 400—500 млн. т можно считать твердо выявленными, по данным Г. Р. К. Эмбанефти, около 20 млн. т, причем на долю дореволюционного времени приходится около 3 млн.т, а остальные 17 млн. т выявлены после национализации. Из выявленных 20 млн. т добыто уже 4 млн. т и остается около 16 млн. т еще не тронутых запасов. Из них около 4 млн. т приходится на долю Косчагыла и 2.5 млн. т на Джаксымай.

Следовательно, из общих запасов разведкой и разработкой выявлено всего навсего только 5%, а добыто — 1%. Другие авторы дают несколько иные цифры выявленных запасов нефти. Они считают, что всего выявлено около 24.5 млн. т, причем около 5 млн. т выявлено в дореволюционное время (3700 тыс. т на Доссоре и 1200 тыс. т на Макате) и — 19 млн. 700 тыс. т нефти выявлено нами в самое последнее время. Эта цифра распределяется следующим образом (в млн. тонн):

Косчагыл	7	Искине	7.5
Шубаркудук	2.5	Джаксыбай	2.5

Таким образом, Эмбанефть не только в 4 раза больше разведала куполов (см. выше), но также в 4 раза больше выявила запасов нефти высокой категории. Несмотря на это, промышленное освоение Урало-Эмбенского района является ничтожным, остается позорно ничтожным промышленное освоение даже тех несомненных запасов, которые подготовлены к эксплотации. Добыча нефти за последние года, как это видно из таблицы, сильно упала.

Роль нефтяных месторождений Урало-Эмбенского района в общесоюзной добыче топлива — ничтожна, она определяется всего в 1%. В 1933 г. по плану намечено добыть всего навсего 230 тыс. т, тогда как при широко развернутой разработке Урало-Эмбенского района здесь можно было бы получить не один миллион тонн столь нужной нам нефти и ее продуктов.

В чем же причина слабого развития района и ничтожного использования его громадных богатств? Основная причина в его недооценке как мощного центра будущей нефтедобычи. Эта недооценка основным мотивом проходит по всей деятельности хозяйственных органов, управляющих нефтяной промышленностью. Уделяли больше всего внимания текущим потребностям дня и не заглядывали вперед. Естественно, что следствием такого отношения, явилось то, что Эмбу проглядели. А отсюда проистекала и неправильная постановка поисковых и разведочных работ.

Не обошлось и здесь дело без вредительства со стороны прежних геологических организаций Эмбанефти, которые оказались в руках вредительской группы, снятой с работы в 1929—1930 г. Неправильная политика разведки выразилась в том, что у разведки не было достаточного геологического обоснования, не было основной руководящей идеи. Идея соляной тектоники усвоена только в последнее время. Главной же целевой установкой до этого была разведка на юрскую нефть. С точки зрения этой юрской нефти, с точки зрения условий ее залегания расценивалось значение того или иного месторождения,

той или иной его части. Поэтому многие месторождения оставались неразведанными, так как они для поисков юрской нефти не представляли интереса, а, во-вторых, на разведуемых месторождениях многие части оставались опять-таки нетронутыми потому, что они не представляли интереса для разведки на юрскую нефть. Вследствие этого часто большое число скважин группировалось там, где можно было рассчитывать встретить только юрскую нефть. Несмотря на то, что в районе пробурено за все время около 197 разведочных скважин, тем не менее нельзя сказать ни про одно из месторождений, что оно разведано до конца, ибо подход к разведке, ее целевые установки, не имели достаточно геологического обоснования. Вернее сказать, геологическое обоснование было слишком односторонним.

Идея соляной тектоники, идея связи нефтепроявлений с соляными куполами в корне изменила подход к разведке нефтяных месторождений. Она послужила причиной открытия в ряде мест залежей нефти не только в юре, но и ниже, в пермо-триасе, или в верхней перми, встречи признаков нефти в самих соляных штоках, из нее вытекала необходимость разведки более глубоких частей месторождения не только на юрскую, но и на пермскую нефть; она поставила в порядок дня вопрос о разведке так называемой подсолевой нефти. Все это раздвинуло объекты разведки и сделало разведку более разносторонней по своим задачам.

В связи с идеей соляной тектоники возникла также особая задача поисков периферийной нефти в геологических образованиях, прилегающих к крутым склонам соляных куполов. Эта же идея выдвинула на первое место применение не только общих, но и детальных методов геофизической разведки.

Вплоть до самого последнего времени значение геофизических методов недооценивалось, вследствие чего они и были сравнительно слабо развиты. Между тем, применение геофизики при разведке Урало-Эмбенского района сыграло огромную роль. Геофизика пошла впереди обычной геологической разведки и оказалась незаменимой для поисков соляных куполов, ибо только геофизическая разведка могла раскрыть всю соляную тектонику и скоро и дешево. Поэтому в дальнейшем должны быть организованы геофизические работы в широком масштабе, в виде длинных ходов, в разном направлении пересекающих район. Но одной общей, геофизической съемки недостаточно. Необходима детальная геофизическая съемка уже открытых соляных структур. Целью этой детальной, геофизической съемки, при которой должны быть применены и гравиметрия, и сейсмометрия, и электроразведка, в зависимости от условий изучаемого месторождения, является оконтуривание соляного купола, что даст возможность рассматривать месторождение в целом, даст возможность наиболее правильно поставить последующую геологическую разведку путем глубокого бурения, которое должно следовать за геофизической разведкой. Разбуривание выявленной структуры достаточным числом глубоких буровых скважин должно иметь целью открытие нефтяных залежей как над соляным куполом, так и расположенных по пери-

ферии. Конечной целью разведки должно явиться не только вскрытие нефтяных залежей, но и последующее их оконтуривание. Последнее требование — необходимость оконтуривания — относится не только к вновь разведуемым месторождениям, но и к старым, ныне эксплоатирующимся, потому что ни одно даже из разрабатываемых месторождений не является до конца разведанным, даже Доссор, где не доведена до конца разведка на периферийную нефть, ибо не установлено еще контуров той соляной залежи, которая находится под Доссором.

Особую ценность имеет геофизическая разведка при отыскании так называемых «слепых» куполов, которые лишены признаков нефтеносности и вообще никак себя не проявляют на дневной поверхности.

Для поисков этих структур, которые при обычных методах разведки никак не могут быть пойманы, гравиметрия является действительно незаменимой.

А между тем многие «слепые» купола потом при дальнейшей разведке бурением оказались богатыми нефтяными месторождениями. Примером такого «слепого» купола, оказавшегося нефтяным месторождением, является в Эмбенском районе ур. Джаксыбай или Джаксымай.

Еще более разительный пример мне пришлось наблюдать в Америке, в устье р. Миссисипи. Здесь на взморье, среди водного пространства, где дельта граничит с Мексиканским заливом, гравиметрической съемкой открыт был соляной купол. Вера американцев в геофизику так велика, что они на указанных ею местах среди водных пространств дельты заложили три буровых скважины, которые поднимаются над поверхностью воды с основанием, сооруженным на сваях.

Геофизические методы в некоторых случаях дают возможность определить не только контур соляной залежи, но и вычислить ее мощность, что не всегда удается определить буровыми скважинами.

Например, скважины, которые углублялись на Доссоре в солевом массиве, являются самыми глубокими в нашем Союзе, а пожалуй даже и на континенте Европы: скважина № 304 имеет глубину — 2848 м, что приближает ее к самым глубоким скважинам в США, из которых некоторые достигают 3 км, причем эта скважина прошла по соли 2060 м (с 744 до 2804 м). Другой глубокой скважиной является скважина № 303 на Доссоре, она достигла глубины 2165 м, и третья глубочайшая скважина — №4 на Шубаркудуке, глубина которой — 2010 м, и которая по соли прошла 1682 м. Несмотря на такие глубины, ни одна из упомянутых скважин не дошла до подошвы соляного массива, и все они остановлены в соли. Из этого видно, что мощность соляных массивов достигает величины свыше 2000м. Исчисления на основе гравиметрических данных показывают для Доссора мощность соляного штока в 3500 — 4000 м и для северного Искине в 5000—6000 м в центре, и 1400 — 2300 м по краям.

Следовательно, только геофизика может ответить в этих случаях на вопрос о мощности залежей и попутно указать, что подсо-

левую нефть нужно искать в таких местах, где соляные штоки обладают меньшей мощностью.

Само собой разумеется, что такие блестящие результаты геофизика может дать только при том условии, если ее данные получат геологическую интерпретацию, а для этого найденное и установленное геофизикой должно проверяться буровыми работами. Поэтому, мне думается, при разведке в пределах Урало-Эмбенского района должна быть намечена следующая последовательность разведочных работ:

Ходами определенного направления гравиметрическая съемка намечает соляные купола. После этого производится геологическое картирование в случае «слепых» куполов скважинами небольшого диаметра и сравнительно небольшой глубины, для чего применяются буровые станки легкого типа. Затем пускается в ход детальная разведка, причем здесь применяется и гравиметрия, и сейсмометрия, и электроразведка методом Шлюмберже с целью определения контуров соляной залежи. На основании всех данных, полученных на этом этапе разведок, составляется план и осуществляется промышленная разведка глубоким бурением соответствующим числом скважин.

Следовательно, широкое развитие геофизических, поисковых работ, широкое развитие геофизической детальной разведки и широкое развитие разведочного бурения являются необходимыми условиями для приступа к широкому промышленному освоению Урало-Эмбенского района, как основной, составной части нефтяной базы на востоке Европейской части нашего Союза.

Все эти задачи не могут быть разрешены, если этот пустынный и отдаленный край не будет связан с центром нашей страны. Поэтому решение транспортной проблемы, путем проведения в Урало-Эмбенский район железной дороги, является одной из первейших задач настоящего момента. Вместе с тем, транспортная проблема должна быть разрешена и в пределах самого Урало-Эмбенского района. Ныне действующие промыслы и разведочные промысловые площади должны быть связаны межпромысловым транспортом, в виде узкоколейных ж.-д. путей. Без этого организация и освоение отдаленных месторождений представит чрезвычайные затруднения.

Чтобы закончить об Урало-Эмбенском районе, нужно упомянуть еще об одном богатстве, которое таят его недра.

Первые химические анализы рапы из оз. Индерского и питающих его источников, а также анализ образцов из буровой № 3 на Сагизе показали высокое содержание в них калия. Эти данные подтверждаются и более поздними исследованиями и, по мнению акад. Н. С. Курнакова, служат указанием на наличие в этом районе залежей калийных солей. Я не буду останавливаться на этом вопросе подробно, так как он является темой специального доклада, который будет сделан акад. Н. С. Курнаковым.

В заключение об Урало-Эмбенском районе мне хотелось бы упомянуть еще об одном, возможном богатстве этого края. Здесь снова придется базироваться на аналогии с США.

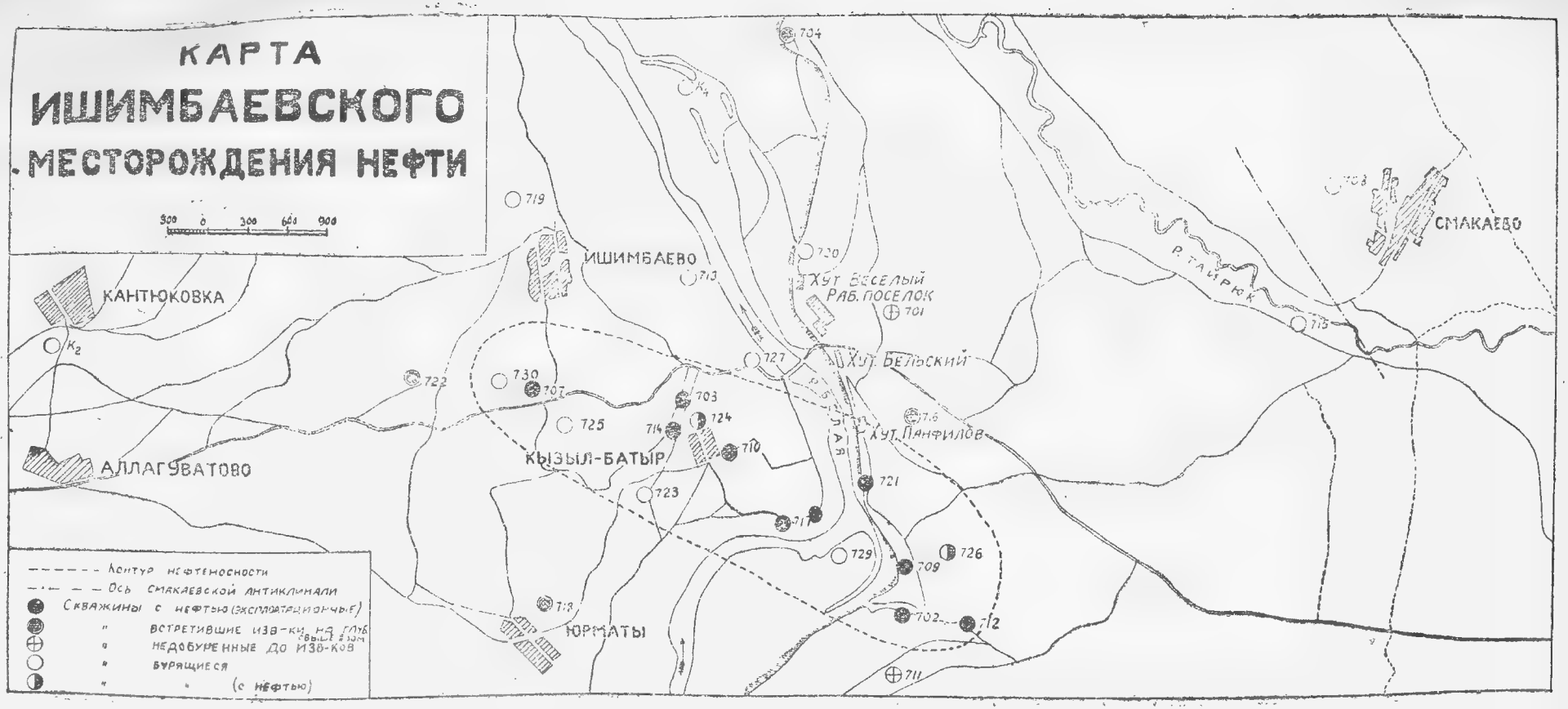
В последнюю мою поездку в США, в качестве делегата на Международный геологический конгресс, мне пришлось воочию убедиться, что некоторые нефтяные месторождения, приуроченные к соляным куполам Техаса и Луизианы, являются вместе с тем и богатыми месторождениями серы. Мне пришлось быть на двух таких месторождениях. Одно из них так наз. Bolling Point расположено в районе гор. Хюстена, в Южном Техасе, а другое в дельте р. Миссисипи, на взморье, о котором я уже упоминал.

В первом месторождении добыча серы уже производится по способу Фраша, (залежи серы с этих месторождений связаны с породами caprock'a. Очевидно, под влиянием ниже залегающих битумов сульфатные породы caprock'a восстановляются до серы, которая выкристаллизовывается. Нагнетанием перегретой воды и перегретого пара эта сера плавится и по особым трубам, по принципу? поднимается наверх, где, остывая, выпадает в твердом виде. Мне пришлось наблюдать огромные штабели такой серы, величиной с большой многоэтажный дом.

Следующей составной частью нефтедобывающей базы нашего Союза на востоке являются нефтяные месторождения западного склона Урала и, в первую очередь, Стерлитамакское или вернее Ишимбаевское месторождение. Еще года 3—4 тому назад предложения о разведке Урало-Эмбенских месторождений на нефть встречались в штыки, и людей, вносивших такие предложения, называли или чудаками, или авантюристами. Даже когда первые скважины обнаружили нефть, в нее не верили, и даже крупные геологи называли эту нефть «мертвой нефтью». Однако, разведка Стерлитамакских месторождений победила это неверие.

В настоящее время в Стерлитамаке имеется 10 фонтанных скважин. Разведана площадь в 960 га, на которой, по мнению геолога А. А. Блохина, можно заложить около 1000 буровых скважин. Нефть здесь (фиг. 14—15) подчинена выступам пористых известняков, верхнекаменно угольного возраста (некоторые геологи считают эти известняки рифовыми образованиями Артинского моря). На разведанной площади общие запасы нефти Блохиным определяются, приблизительно, в 75 млн. т, из которых 25 млн. т он относит к высокой категории — А + В. Востокнефть считает, что разведанных запасов в Стерлитамакском районе около 50 млн. (49.5 млн. т).

Развитие Стерлитамакского района упирается опять-таки в условия, которые никаким образом с богатством нефтяных месторождений не связаны. Месторождение показало себя с наилучшей стороны, но его сейчас интенсивно разрабатывать нельзя, потому что добытую нефть некуда девать. Нужно обеспечить правильный сбыт этой нефти путем вывоза ее в такие места, где она могла бы найти или непосредственное потребление, или где бы она могла быть переработана на нефтеперегонных заводах для получения из нее соответствующих нефтепродуктов. В настоящее время решено соединить Стерлитамакские месторождения (Ишимбаевский район) ж.-д. веткой с Уфой.


КАРТА
ИШИМБАЕВСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ
300 0 300 600 900
КАНТЮКОВКА
АЛЛАГУВАТОВО
ИШИМБАЕВО
КЫЗЫЛ-БАТЫР
ЮРМАТЫ
ХУТ ВЕСЕЛЫЙ
РАБ. ПОСЕЛОК
ХУТ. БЕЛЬСКИЙ
ХУТ. ПАНФИЛОВ
СМАКАЕВО
Р. ТАЛЫРЮК
Р. БЕЛЬСКАЯ
Контур нефтеносности
Ось смакаевской антиклинали
Скважины с нефтью (эксплоатационные)
" встретившие изв-ки на глуб. свыше 6 зам
" недобуренные до изв-ков
" бурящиеся
" " (с нефтью)

Фиг. 14.

Это откроет выход стерлитамакской нефти для ее широкого потребления и использования.

Стерлитамакское месторождение является в районе западного Урала не единственным. Признаки нефти и благоприятные геологические структуры отмечены геологическими исследованиями к югу и к северу от Стерлитамака. В этом отношении заслуживает упоминания район Каировки, расположенный вблизи железнодорожного пути Оренбург—Орск.

В Каировке мы имеем купол, в сводовой части которого выходят слои уфимского яруса пермской системы. Здесь наблюдаются трещины, заполненные асфальтом. Эти асфальтовые жилы уходят вглубь почти под прямым углом и указывают, что они возникли в результате подъема и последующего окисления нефти из более нижних горизонтов.

Если в Урало-Эмбенском районе мы видели аналогию с американскими нефтяными месторождениями южного Техаса и южной Луизианы, то в месторождениях Стерлитамакского района, в месторождении Чусовских городков и др., расположенных вдоль западного склона Урала, мы можем видеть аналогию с другим обширным нефтеносным районом США, который находится в западном Техасе и известен под именем Западного техасского соленосного бассейна. Там нефтяные месторождения тоже приурочены к выступам известняков каменноугольного возраста (миссисипский отдел), окруженным со всех сторон химическими осадками Пермского соленосного бассейна. Здесь полная аналогия с Ишимбаевским и Стерлитамакским месторождениями, месторождением Чусовских городков, аналогия в смысле геологического строения.

Подобно тому, как некоторые наши геологи считают выступы каменноугольных известняков в Стерлитамакском и Чусовском районах особыми рифовыми образованиями Артинского моря, так и некоторые американские геологи выступы известняков в нефтяных месторождениях западного Техаса считают рифовыми образованиями. Таким образом здесь аналогия даже в расхождении взглядов на образование выступов известняков, к которым приурочены нефтяные месторождения западного Техаса, подтверждает общую аналогию этих районов. Западный Техас является одним из богатейших нефтяных месторождений в США.

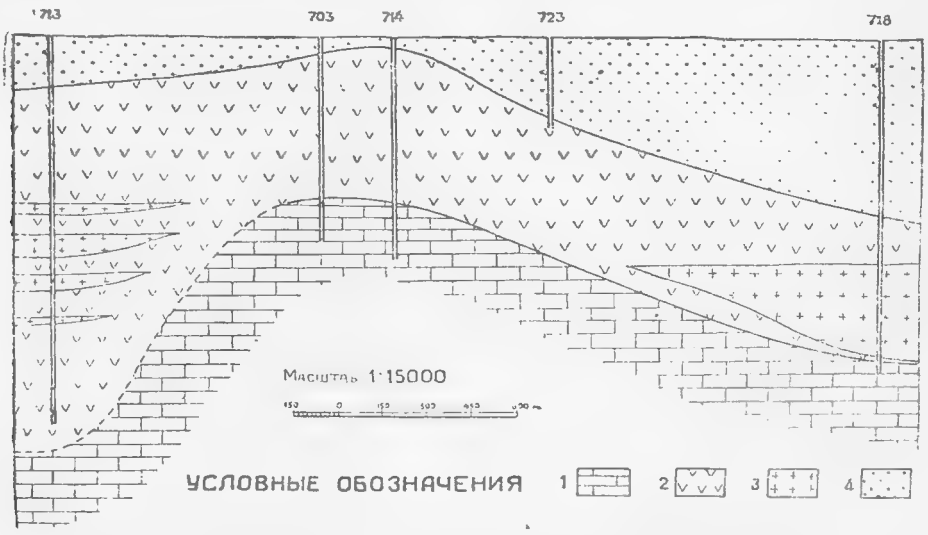
Нужно думать, что аналогия и в этом отношении будет полной, т. е. что наши нефтеносные районы, расположенные вдоль западного склона Урала, будут не менее богатыми нефтеносными районами, чем западный Техас.

Разведочными работами пока вскрыта только одна структура, показывающая на богатые запасы в ней нефти. Но мы знаем, что таких структур вдоль западного склона Урала не одна, а несколько. Это — одно. С другой стороны, геологические условия, аналогичные тем, которые мы встречаем в районе Каировки, наблюдаются и дальше к юго-востоку, в райне Актюбинска, в котором еще до революции в месторождении Джуса производились разведочные работы Нобелем.

Эти месторождения связывают таким образом: месторождение западного склона Урала с областью соляных куполов Урало-Эмбенского района.

Получается колоссальная область, которая ждет широкого развития поисковых и разведочных работ на нефть.

Нефтяные возможности Восточного края этими двумя обширными районами не ограничиваются. Признаки нефти, в виде выходов гудронов, а также наличия благоприятных геологических для скопления нефти структур, встречаются в громадном районе, расположенном между Уралом и средним течением Волги. Южной границей этой области являются южные уступы Общего Сырта, т. е. в этом направлении район непосредственно сливается с Урало-Эмбенским райо-



Фиг. 15. Разрез Ишимбаевского месторождения нефти.

1—известняки, 2—гипсы, ангидриты и 3—каменная соль кунгурского яруса, 4—породы уфимского яруса.

ном, а на севере он ограничен р. Камой. Этот район разведочными работами почти не затронут. Сейчас разведка ведется в Сызрано-Ставропольском районе, где заложены буровые скважины около г. Ставрополя на Волге и около г. Сызрани, вдоль знаменитого жигулевского сброса, или самарской флексуры. В этих разведочных скважинах встречены совершенно определенно благоприятные нефтяные признаки. Так, в скважине № 402, расположенной в районе г. Ставрополя на Волге, первое проявление битуминозности наблюдалось вверху среднего карбона. Скважина шла по известняку с массой битуминозных пропластков, в которых местами встречались капельки густой нефти.

Пропитывание нефтью, заполнение трещин гудроном, встречено во всех горизонтах среднего карбона. Нижний карбон встречен тоже с признаками нефтеносности и битуминозности. Так, на глубине 560—566 м происходило выделение капелек жидкой нефти из трещиноватого, местами пористого известняка. На глубине 575—610 м известняки показали в мелких порах капельки жидкой нефти, а в тре-

щинах — густую нефть, а также примазки твердого битума. На глубине 918 м трещиноватые доломиты оказались пропитанными жидкой нефтью.

Подобные признаки нефтеносности наблюдались в скважинах до глубины свыше 1000 м. Другая скважина № 401, расположенная в районе г. Сызрани, первые нефтепроявления встретила в подошве верхнего карбона с глубины 212 м в пористых известняках, пропитанных гудроном; с глубины 602 м битуминозность выражалась резким запахом нефти. На глубине 652—678 м пласты известняков оказались сильно пропитанными жидкой нефтью, которая высачивалась из кусков породы, вынутой из скважины мелкими капельками.

Эти разведочные скважины до настоящего времени являются неопробованными, так как имеют задание итти разведочным бурением до такой глубины, какая им будет доступна по их техническим возможностям.

Благоприятные указания на нахождение нефти встречены в разведочных скважинах, заложенных по р. Соку, левому притоку р. Волги, впадающей в нее несколько выше г. Самары. К востоку от Волги, в ряде мест по р. Шемше и в др. местах встречаются выходы гудронных песчаников среди пермских отложений, что является благоприятным указателем на присутствие жидкой нефти в более низких свитах палеозоя. Разведка здесь только начинается.

Если принять во внимание все вышеизложенное, то должно создаться твердое убеждение, что на востоке и юго-востоке Европейской части нашего Союза имеется огромнейшая нефтеносная область, расположенная между Средним Поволжьем и западным склоном Урала, доходящая на юге до Каспия и даже до Устурта, а на севере ограниченная р. Камой, а может быть даже и более северным пределом; область, занимающая территорию не менее 1 млн. км^2 и таящая в своих недрах многие сотни миллионов, а может быть и миллиарды тонн нефти, которые ждут широко поставленной разведки.

В заключение мы можем сказать, не боясь риска прослыть бесшабашными оптимистами, что все предпосылки геологического характера налицо, чтобы создать на Востоке самостоятельную нефтяную базу и тем на долгие годы обеспечить разрешение великих проблем, которые ставятся перед нами страною строящегося социализма.

ПРЕНИЯ

Председатель. Слово от бригады РКИ имеет тов. Осипов.

Осипов. Акад. И. М. Губкин подробно изложил все, что в настоящий момент мы знаем об Урало-Эмбенском районе. Я хочу от имени бригады ЦКК и НК РКИ, которая обследовала тресты Эмбанефть и Востоконефть, сделать здесь частичные дополнения, касающиеся некоторых вопросов. Если вся нефтяная промышленность свой пятилетний план выполнила в $2^1/_2$ года, то трест Эмбанефть за пятилетку выполнил план только на 28%. Наметка добычи нефти по годам

корректировалась каждый год и в результате этого за последний год пятилетки с 3 млн. т предполагавшейся добычи мы едва ли наберем 230 тыс. т, т. е. реальная добыча сокращена против плана больше, чем в 10 раз. За последние годы кривая добычи падает довольно резко. 1930 г. дает 350 тыс. т, 1932 г. — всего 250 тыс. т. и, наконец, 1933 г. едва даст 230 тыс. т.

Это одно чрезвычайно важное обстоятельство. Кроме того сама эмбенская нефть прекрасного качества с выходом больше 60% легких нефтепродуктов, нефть масляная, идущая, главным образом, на нужды авиопромышленности. Наконец, исключительное положение района внутри Союза в отдалении от границ, все это побудило ЦКК и НК РКИ организовать специальную комиссию в составе 5 специалистов инженеров-нефтяников для широкого обследования положения на месте, для выяснения перспектив развития района, а также для установления причин того крупного отставания, которое мы имеем сейчас.

Больше 3 месяцев комиссия занималась обследованием трестов на месте. Основные моменты работы Комиссии я, в дополнение к докладу акад. И. М. Губкина, и хочу здесь изложить.

Прежде всего еще раз вкратце отмечу, что нефть образует (в чем специфичность всего района) мелкие месторождения, причем отдельное месторождение имеет всего до 100, может быть до 200 га нефтеносной площади.

Правда, такие мелкие месторождения чрезвычайно насыщены нефтью; от 200 тыс. т до 5 млн. т — вот то количество нефти, те пределы, в которых колеблются запасы нефти в мелких кусках куполов, в отдельных нефтяных месторождениях.

Я не буду останавливаться на вопросах тектоники, укажу только, что нефтяные месторождения приурочены к отдельным мелким частям купола; на куполе может быть несколько таких месторождений, и, кроме сводовых, могут быть еще боковые месторождения нефти, которые нам только сейчас стали известны. Говоря о числе куполов, мы, таким образом, еще отнюдь не определяем количества месторождений.

Вопрос о количестве куполов достаточно освещен в докладе И. М. Губкина.

Получается поразительная картина: районы, охваченные геофизической съемкой, изобилуют куполами, но ни к северу ни к югу от этих районов куполов почти нет. Секрет заключается в том, что за этот предел геофизическая съемка не выходила, и как только по настоянию бригады ЦКК геофизики вышли в бассейн р. Урала, так сейчас же здесь были обнаружены многочисленные купола той же насыщенности, что и на основном участке. Отсюда вытекает необходимость организации геофизических пересечений по ряду районов, лучами по всей территории Большой Эмбы. В 1933 г. по предложению бригады ЦКК организуется комплексная маршрутная экспедиция по трасе предположенной ж.-д. линии Александров — Гай — Гурьев — для изучения тектоники района в этом направлении; на следующий 1935 г. запроектировано еще 4 маршрутных геофизических ходов: первый —

Уил—Оренбург, второй — плато Устьурт, один по самой северной окраине района и один по р. Уралу.

Результаты этих ходов к 1936 г., которые намечено проводить с помощью новых изобретенных в Париже приборов, позволят нам уже совершенно реально говорить о количестве куполов на территории Большой Эмбы.

Цифру, 1000 куполов, которую дает И. М. Губкин, если насыщенность куполов по всем направлениям останется одинаковой, придется увеличить в полтора раза.

Акад. И. М. Губкин довольно скромно определяет запасы нефти, о которых можно сейчас говорить. Если его методом подсчета подойти ко всей территории Большой Эмбы, с учетом всех новых данных к настоящему моменту, то окажется, что сейчас можно говорить о запасах нефти, может быть равных Бакинскому району.

Остановлюсь на современном положении района и основных причинах отставания.

Оказалось, что к моменту обследования ни один из куполов Эмбенского района не был полностью изучен геофизическими методами разведки, и только к концу 1934 г. первые 6 куполов будут освещены детальными геофизическими работами. Вот основной разрыв, основная крупная причина — отставание разведочных полевых работ.

Далее, за все время работы треста, т. е. после национализации, бурение велось на 22 куполах, из известных к настоящему моменту 265; в результате разведочных буровых работ ни одного купола нельзя считать забракованным в отношении нефтеносности. Нельзя сказать, что хотя бы в одном из 22 куполов, введенных в разведку, не было бы нефти в промышленном количестве. И, наоборот, сейчас нет ни одного купола, о котором можно говорить, что он полностью изучен методами бурения.

До сих пор буровые разведочные работы проводились только на отдельных частях этого купола. Мы знаем о Доссоре по той правой части, где залегает месторождение. Но вся остальная часть купола до сих пор не разбурена, и, вероятно, в этой остальной части также есть нефть.

Перед нами сейчас лежит телеграмма, полученная с Эмбы, с указанием, что имеются участки Доссора, снизу устланные молодыми породами, имеется крутой склон, и оказывается, что одна из первых скважин, вошедшая в более глубокие слои, обнаружила 50 м хорошо насыщенных нефтяных песков.

Это говорит о том, что наряду с истощенным Доссором (почему и падает добыча) имеется второй Доссор, который сейчас начинает развиваться.

Далее, геофизический метод устанавливает, что в северовосточном направлении есть крутой склон; буровые работы указывают на наличие там признака нефтеносности.

Доссор казался изученным, а между тем только сейчас мы начинаем его узнавать вновь.

После национализации до 1932 г. ни одно месторождение промышленного характера не было передано в эксплоатацию, больше того — не открыто, и только в 1932—1933 г. более или менее изучены и сейчас передаются в эксплоатацию 15 месторождений с большим запасом нефти. Косчагыльское месторождение с запасом нефти в 7 млн. т, южный Искине с запасом больше 14 млн. т.

Какие же основные причины разрыва, который имеется между богатейшими возможностями района и теперешним его состоянием?

Основная причина та, что Главнефть не уделяла этому району достаточного внимания до самого последнего времени. Капиталовложения в район были ничтожны. Достаточно указать, что за все время после национализации в Эмбу вложено всего 90 млн. руб., а только на один 1934 г. сейчас запроектировано 70 млн. руб.

Неверие в эмбенскую нефть выразилось также и в том, что когда стал вопрос о проектировании постройки нефтепровода от г. Гурьева к Орску и о постройке Орского завода, то рассчитывали, что в Гурьев повезут бакинскую нефть. Значит, рассчитывали транспортировать бакинскую нефть по Каспию в Гурьев и там перекачивать ее на Орск через Эмбенский нефтеносный район. Вот до чего недостаточно было внимание к оценке возможностей Эмбенского района. В настоящее время на Эмбе работает всего 36 станков, но половина их находится в аварийном состоянии; поэтому бурят одновременно всего 16—20 скважин по всему Эмбенскому району, тогда как в американских месторождениях одновременно бурят на месторождении десятки и сотни скважин. Отсюда понятно, что темпы разведки, темпы бурения ни в какой мере не обеспечивают быстрого развития района.

Следует отметить также недооценку роли геофизики. Геофизика внедрялась сюда с трудом, с огромным противодействием. Достаточно сказать, что в Америке уже давно пользуются этим методом. У нас только в 1925 г. были сделаны первые попытки. Для того, чтобы ясно представить внедрение геофизики, отношение к ней, я возьму только один пример.

В 1923 г. в Искине сотрудники проф. Нумерова, специально посетившего Америку, производили съемку гравиметрическим методом, причем удалось выяснить, что здесь возможны крутые склоны соли и следовательно здесь следует бурить на нефть по аналогии с Америкой. Однако не было заложено ни одной скважины, чтобы проверить это предположение, и все скважины бурились в центральной части купола, где соль почти подошла к поверхности. В 1931—1932 гг. электроразведка подтвердила полностью работы гравиметрии, и новые скважины № 7 и № 9 дали фонтаны нефти, показавшие большую промышленную ценность этого нового месторождения.

Необходимо отметить также ограничение разведок вниз. Как только доходили до нижней юры, все скважины останавливались, несмотря на то, что первый исторический фонтан нефти в Карачунгуле был не из юрских, а из пермских отложений. Только в 1929—1931 гг.

была вновь «открыта» пермо-триасовая нефть, имеющая огромное значение в северном районе.

В архиве капиталистических предпринимателей есть совершенно ясные указания на аналогию месторождений Эмбы и США, на связь между солью и нефтью. Однако прошло 13—14 лет, и лишь в 1931 г. мы как бы вновь делаем это замечательное открытие.

За 14 лет после национализации трест пробурил всего-навсего 191 скважину; но если проанализировать эту цифру, то оказывается, что 97 скважин захватили маленьких 10 пятнышек на 10 куполах и что бурение этих скважин ощутимых результатов не дало. Например, на одном куполе 20 скважин были расположены всего на расстоянии 0.5 км около выходов нефти на поверхность, а весь огромный купол до сих пор не тронут бурением.

Основной недостаток работ треста до последних лет заключается в отсутствии свежих идей, которые руководили бы разведкой, в отсутствии исследовательской работы. Я не могу назвать сейчас ни одной исследовательской работы по этому району, проведенной геологически грамотно и доведенной до конца. На Эмбе мы ощущаем стремление задержать развитие района, стремление к ограничению работ. Все эти причины своими корнями уходят в работу вредительской организации на Эмбе, которая только в 1929—1930 г. была раскрыта и снята. 1929—1930 г. это — год нового открытия Эмбенского района. Система разработки месторождения была вредительской системой. Мы шли снизу вверх по крылу, по схеме Стрижева, боясь газовой шапки; причем на примере Доссора мы убедились, что пробурили здесь много больше скважин, чем это нужно; скважины раньше обводнялись.

Большие языки нефти в Доссоре не добирались, и их не удастся добрать. К стыду надо сказать, что и сейчас этот вопрос недостаточно проанализирован и что даже в постановлении партийной технической конференции 1932 г. есть указание, что вновь открытое месторождение Косчагыл и все другие, подобные Доссору, нужно разрабатывать именно снизу вверх (по возрастанию слоев).

Акад. И. М. Губкин. Наверное они не поняли: это бакинское «снизу». В постановлении конференции ясно сказано: «Как разрабатывался Доссор».

Осипов. Бригаде ЦКК пришлось пересмотреть весь материал по Эмбе, разобраться в истории вопроса и наметить пути ликвидации разрыва.

В результате работ бригада сделала целый ряд предложений для ликвидации разрывов. Во втором полугодии 1932 г. в корне изменились направление и система работ.

За последние годы руководитель треста Эмбонефть Я. В. Лаврентьев и его молодые сотрудники проделали большую работу и обеспечили такие достижения, как открытие б.жковой нефти, открытие более низких горизонтов нефти, широкое внедрение геофизики.

Выводы бригады ЦКК были переданы правительству. Наступил определенный перелом в Главнефти, где была создана специальная

комиссия, которая по предложению бригады разработала конкретный план на 1934 г. и дала наметку на второе пятилетие. Следующий этап — работы комиссии, образованной тов. Орджоникидзе по разработке и утверждению этих планов.

В 1934 г. ставится ряд задач, из них основная — обеспечить потребность нефтепровода Каспий — Орск и волжских нефтезаводов эмбенской нефтью.

Добыча нефти должна развертываться быстро: в 1934 г. — 420 тыс. т. (разрывы ликвидировать сразу трудно), в 1935 г. — 1 млн. т, в 1936 г. — 1900 млн. т. и в 1937 г. — 2.6 млн. т.

Метраж разведочного бурения увеличивается планом до 90 тыс. м, вместо 60 тыс м в 1933 г. Ассигнования по плану на 1934 г. достигают 70 млн. руб.

1934 год следует рассматривать как переломный год, год перехода к Большой Эмбе, ликвидации основных разрывов.

Необходима серьезная организация научно-исследовательской работы. В этом отношении Академии Наук должна принадлежать большая роль.

Важно координировать работы, проводимые отдельными учреждениями, чтобы при минимальных людских и денежных средствах избежать их распыления.

Весьма существенно привлечь внимание широкой рабочей и научно-технической общественности в помощь развитию молодого Эмбенского района.

Ни одна скважина нового месторождения, мощностью в десятки тысяч тонн, не опробована. Мы говорим: 25 млн т, 75 млн. т и вместе с тем не знаем той базы, на основании которой можно производить детальный подсчет.

До сих пор еще не изучены пористость, газовый, нефтяной и водный режимы.

Акад. И. М. Губкин и А. А. Блохин указывали на необходимость глубокого бурения для открытия новых нефтеносных горизонтов. Нефтяная залежь кончается, примерно, на 800 м, но все-таки более глубокие скважины давали признаки нефти, увеличивающиеся с глубиной. В этом направлении здесь предстоит еще колоссальная работа.

На эксплоатацию Чусовского месторождения, имеющего площадь всего 16 га и 400 т нефти, затрачено около 40 млн. руб. Мы можем с полной ответственностью заявить, что Чусовского района мы не знаем, на этом маленьком пятнышке работа велась неправильно, надо начинать заново. Существуют веские данные, подтвержденные опытом бурения, указывающие на то, что районы, расположенные рядом, дают промышленную нефть.

Я мог бы еще привести примеры по целому ряду месторождений. В общем основной прорыв в тресте «Востокнефть» по существу обусловлен отсутствием геологической службы вследствие оппортунистического подчинения геологической службы бурению и хозяйственному руководству треста. Геология в разведочном тресте не является веду-

щей. Вот почему трест Востоконефть, при колоссальных возможностях этого района, в настоящее время дает нефть только из одного Стерлитамака и хорошие признаки нефти в других местах.

Акад. С. Г. Струмилин (*вопросы акад. И. М. Губкину*). Докладчик не коснулся вопроса о связи между нефтью и солью. Почему в местах нахождения соляных куполов следует искать нефть? Есть ли тут связь с существующей теорией происхождения нефти? Если это только эмпирика, то, может быть, можно найти нефть в этом районе и не в куполах соли, а где-то между ними. Какова тут теоретическая связь? Почему спутницей соли является нефть?

Д. П. Кротов. Есть ли среди залежей нефти Ишимбаевского района сера и не встречена ли она в проходимых породах, а также в районах Ставрополя и Сызрани?

Акад. И. М. Губкин. Мы считаем, что залежи нефти приурочиваются к определенным тектоническим структурам. Наиболее благоприятные тектонические структуры для аккумуляции нефти это — антиклинальные складки, где нефть скопляется в сводных частях. Нефть скопляется в антиклиналях и куполах, поэтому соляные купола, как тектоническая форма, являются именно такой формой, по направлению которой стремится нефть со всех сторон из окружающего района к наиболее приподнятой части.

Так как нефть сопровождается не только солью, но и водой, то в пластах нефть заливается обыкновенно водой. В виду различия в удельном весе нефти и воды при наклоне пластов, когда пласт находится в горизонтальном положении, распределение воды и нефти в пласте будет таково: наверху скопляется газ и наиболее легкая по удельному весу нефть; ниже — нефть, имеющая соответственно больший удельный вес. Когда пласт будет выведен из горизонтального залегания и получит наклон, то естественно нефть и вода распределяются по удельному весу: нефть обязательно пойдет по направлению к более высокой части, а вода займет более низкие места.

Эти теоретические соображения оправдываются практикой. Мы видим, что во всех разработанных месторождениях сводовая часть месторождения занята нефтью, которая со всех сторон подпирается так наз. краевой водой. Следовательно, купол, как тектоническая форма, как структурная форма, является формой, благоприятной для скопления нефти.

Но, повидимому, есть и чисто генетическая связь с точки зрения происхождения нефти. По этому вопросу, однако, мнения современных геологов расходятся. Одни считают соляные купола именно такой тектонической формой, которая представляет наиболее благоприятное место для скопления нефти, основной формой протыкания. Следует обратить внимание на то, что, как это видно на макете, часто соль срезывает пласты и как бы закупоривает нефть, препятствует выходу нефти из этого пласта, т. е. самым процессом протыкания нефтяной пласт закупоривается. При отсутствии процесса протыкания нефтяной пласт вышел бы на поверхность, и нефть

в некоторых из этих пластов ушла бы, что замечается в размытых сводах антиклинальных складок: они обнажают пласты и позволяют нефти уходить. Такие геологические формы сопровождаются небольшими поверхностными признаками: нефть, вместо с тем, является наиболее бедной, а соляной купол, как и всякая форма протыкания (потому что при этом мы имеем дело не только с солью, но и с другими пластическими породами), является складкой особой формы так наз. диапировой или складкой с ядром протыкания. В данном случае это — соль, а в другом случае — глина майкопской свиты или другая глина третичного возраста. Здесь наблюдается полная аналогия с диапировыми складками Кавказа, однако ядро протыкания состоит из разного материала: здесь — соль, а там — пластичная глина, но форма протыкания одна и та же: происходит закупорка пластов и аккумуляция нефти по пластам.

Некоторые геологи генетически связывают с нефтью самое происхождение соли. Особенно это применимо к американским соляным куполам.

Пермские соляные купола, может быть, более древнего возраста относятся ко времени мезозоя. Водами мезозоя юры они размывались, и получалась зона обогащения с большим концентрированным соляным раствором, который убивал всю органическую жизнь, находившуюся в этом засоленном бассейне. Кругом этого купола создавалась зона с остатками погибших организмов. Эта зона и дала тот материнский материал, из которого произошла потом нефть. Когда произошел тектонический процесс, окружающая порода была еще приподнята, закупорена, и такой купол дал возможность аккумулироваться собравшейся вокруг нефти в боковых его частях.

Если купол был перекрыт рыхлыми породами более молодого возраста, то нефть, просачиваясь из боковых частей, попадала в породы над шапкой и там аккумулировалась, будучи закупоренной силами сбросового характера, которые в этом районе часто наблюдаются.

Далее вопрос Д. П. Кротова относительно серы. В Ишимбаевском месторождении такой серы 3% и более. При использовании такой нефти на топливо, сера не помешает: она сгорит вместе с остальным. Если такую нефть подвергнуть переработке, то станут появляться нефтяные продукты, содержащие серу. Вопрос об использовании сернистой нефти разрабатывается в Гос. Исследовательском институте нефти (ГИНИ). Мой заместитель по Нефтяному институту К. П. Лавровский нашел способ обессеривания нефти при помощи гидрогенизации, сущность которого, однако, мне неизвестна.

Любопытно, что нефть содержит серу там, где нефтяные породы являются известковыми, а не песчаными. Некоторые месторождения, особенно мексиканские, подчинены известнякам. Там, где нефть связана с известняком, например, в Тонасопе, сера добывается в громадном количестве, но она была топливная, ее удельный вес 910 — 920. Поэтому борьба с серой вполне возможна.

Вопрос с места. Откуда взялась сера?

Акад. И. М. Губкин. Это результат воздействия углеродов на известняки, содержащие гипс и другие сульфаты.

У меня есть записка с таким вопросом: «Обнаружены ли залежи серы в кепроке, хотя бы бедные?». Я этого не знаю. Я говорил, что и о самом кепроке ведутся споры, и некоторые геологи утверждают, что в нашем месторождении этого кепрока нет.

Акад. А. Д. Архангельский. Я хочу сделать некоторые дополнения к сказанному акад. И. М. Губкиным об объеме Урало-Эмбенского района. И. М. Губкин, с моей точки зрения, совершенно правильно очертил его северную границу, доводя ее до области, в которой куполовидные структуры Эмбенского района сменяются структурами иного порядка, пример которых мы видели в Ишимбаевском районе.

Затем И. М. Губкин, по моему, также правильно ограничивает район с запада Волгой, так как до нее на Баскунчаке и Эльтоне прослеживаются эти соляные структуры. Недостаточно точно наметил И. М. Губкин лишь возможное продолжение этого района на юго-восток. Здесь он ограничился линией Устьурта. Мне кажется, что Эмбенский район, под которым я понимаю район с соляными куполами, может далеко продолжаться на юг и на юго-восток. Здесь дислоцированные породы, слагающие купола, прикрываются почти горизонтально лежащими миоценовыми отложениями Устьурта, но весьма возможно, что под последними существуют те сокрытые от непосредственного наблюдения слепые купола, о которых говорит И. М. Губкин. Если с этой точки зрения просмотреть местности, которые прилегают к Устьурту с юго-востока, именно область низовьев Аму-дарьи и прилегающих к ней Каракумов и Кзыл-кумов, то мы найдем здесь хорошо выраженные купола, которые перекрыты несогласно залегающими горизонтальными неогеновыми породами. Я назову их всего два; первый это — Учучак, представляющий идеальную куполовидную складку чрезвычайно резкую, сложенную из мела и палеогена, затем купол около Питняка, где проектировалась постройка плотины на Аму-дарье.

Таким образом, есть много оснований полагать, что Эмбенский район продолжается еще далеко на юго-восток, вдоль западных окраин Урала, который, как известно, также продолжается в низовья Аму-дарьи и в Кзыл-кумы.

Затем скажу несколько слов относительно возможных новых нефтеносных районов, на которые, мне кажется, уже сейчас следует обратить внимание. Акад. Г. М. Кржижановский в своем докладе подчеркивал, что в район Большой Волги входит и восточная часть Донецкого бассейна, и это, между прочим, заставляет нас обратить внимание на область, прилегающую к Донецкому бассейну с точки зрения ее нефтеносности.

Кажется в 1928 г. я написал статью о том, как и где в пределах Союза искать новые нефтеносные районы и ограничился в своей программе исследования с запада Поволжьем. Дальше итти в тот момент было нельзя; идея весьма широких поисков новых месторождений тогда еще еле намечалась. В то время небольшая группа людей

только боролась за эту идею и удостоивалась тех «почетных» названий, о которых говорил И. М. Губкин, как авантюристы и, может быть, и других более резких эпитетов.

Думаю, что сейчас настал момент двигаться несколько дальше по пути к Дону, в область южной конечности доно-медведицкой антиклинальной зоны, где мы имеем великолепное пологое изогнутие. Думается также, что назрела необходимость поисков нефти и на Украине.

Мы знаем, что сейчас в районе Лубен, где раньше были известны гипсы, образующие как бы кепрок, открыта при разведках соль. Далее, на юге ЦЧО выяснено наличие чрезвычайно благоприятных для нефти стратиграфических условий — именно присутствие под каменноугольными известняками горючих сланцев морского происхождения. В известняках встречаются примазки полужидких битумов. Все это говорит, что на Дон и Украину можно распространять поиски.

Перкин. Основной недостаток, характеризующий теперешнее положение с разведками на нефть это — отсутствие серьезной, научно поставленной работы по изучению тектоники этого района. И. М. Губкин и т. Осипов это особо подчеркивали в своих выступлениях.

Прежде всего необходимо развитие работ по геофизике с тем, чтобы на их базе поставить дальнейшее изучение отдельных структур, которые нами еще плохо освоены.

Мы всегда предполагали отсутствие сложной тектоники в нашей необозримой равнине, которую геологи называют плитою. Казалось, здесь мы имеем спокойно залегающие породы и нет того, что характеризует сложную тектоническую область.

При изучении отдельных районов тектоника оказалась во многих участках весьма сложной. Теперь нам необходимо перейти от общего изучения тектоники к детальному изучению тектонических структур. Мне кажется, что детальное изучение антиклиналей даст возможность поставить более серьезно изучение этих структур, представляющих громадный научный интерес с точки зрения возможности нахождения мест концентрации нефти.

Далее перед нами возникает проблема изучения глубинных зон: мы знаем геологию всей нашей территории лишь по выходам, а что творится в центральных участках — нам совершенно не известно. Единственное практическое решение вопроса в данном случае это — постановка планомерной работы по проведению на территории юга-востока нашего Союза ряда структурных скважин. Эта мысль, которую я провожу практически уже в течение трех лет, сейчас получила авторитетную поддержку со стороны акад. И. М. Губкина. Полагаю, что настоящая сессия этот вопрос должна отметить в качестве одной из актуальнейших задач на вторую пятилетку именно потому, что проведение ряда скважин в Урало-Эмбенском и Стерлитамакском районах помогли бы нам изучить не только стратиграфию, но и тектонику; скважины у Сызрани и Ставрополя помогают разрешить ряд чисто практических вопросов, связанных с девонской проблемой. Изучение девона в этом районе очень важно, так как девонская толща может быть

нефтеносной. В скважинах на Нижней Волге около Урюпинской станицы обнаружены в толще девонских слоев прослои сланцев. Таким образом, в девоне концентрация органического вещества происходила, и потому проблему девона надо изучать как актуальную наряду с изучением глубинной геологии нашей платформы.

Научному руководству нашей геологической службы необходимо поставить планомерную исследовательскую работу в области изучения глубинных частей проведением ряда структурных скважин. Проведенная мною буровая скважина дала разительные результаты. Мы получили лагунную толщу, соль, рассолы, бром и т. д. Чем мы гарантированы, что не встретим в глубинных частях таких вещей, о которых не могли даже предполагать?

Акад. Н. С. Курнаков. Доклад акад. И. М. Губкина на меня произвел очень большое впечатление. Я помню, что лет 10 тому назад на одной из конференций я слушал доклад, который, однако, был сделан в другом направлении: тогда шли от соли, и то, что мы слышали тогда о соляных куполах, сильно отличалось от того, что мы слышали сегодня.

Едва ли есть где-либо в мире такая большая соляная область, как Урало-Каспийский бассейн. Это район исключительный. Чем дальше к центру, тем больше соли. Изучение соляных куполов очень важно само по себе. Не только с точки зрения строения, но и в соляном отношении это вопрос колоссальной важности. Находка калиевых солей в районе Искене, хотя и на большой глубине, имеет большое значение, тем более, что эти соли, может быть, можно найти и ближе. На эту сторону и на геологическое исследование следует обратить внимание. Я считаю, что на соль не обращалось достаточного внимания, не только на подземные залежи, но и на поверхностные. Образование соли там есть результат весьма сложных химических реакций, которые происходят на поверхности соляных штоков. Нам известно, что сернокислый кальций дает новые формы химических осадков, очень любопытные по своей внешности. Весьма возможны дальнейшие реакции восстановления сернокислых соединений, которые дают начало гипсу и могут быть также хорошо констатированы.

Я хотел бы просить, чтобы наша секция обратила внимание не только на геофизику, но и на геохимию. Я уверен, что совокупными методами мы достигнем больших результатов. Перед геохимией стоит целый ряд серьезнейших задач.

Когда-то я занимался вопросами поваренной соли и хлористого калия. Хлористый калий оказался легче, чем поваренная соль. В отношении карналлита, ангидрита дело идет хорошо, но что касается сернокислых соединений, то там гораздо хуже: кислород оказывает мощное влияние.

В отношени азотнокислых солей дело обстоит хуже, а в отношении азотистых — великолепно: они представляют собой пластическую фигуру.

Явление истечения нужно экспериментально изучить и связать с тем, что наблюдается в природе. Может быть можно было бы что-

нибудь сделать в отношении текучести коллоидов и вообще серно-кислых соединений.

П. М. Горшков. Акад. И. М. Губкин обратил в своем докладе особое внимание на геофизику, в частности на гравиметрию. Я в двух словах хочу сказать о роли гравиметрии; коснусь этого вопроса подробнее в своем докладе.

По мнению И. М. Губкина правильно, что гравиметрия является решающей в деле изучения района на нефтеносность. Если мы сейчас производим всесоюзную гравиметрическую съемку, научное и практическое значение которой даже не поддается сейчас учету, то совершенно неизбежно возникает вопрос о том, кто же будет научно исследовать результаты этой съмки? Представитель РКИ. заявил, что у нас нет научно-исследовательских работ, а я скажу, что не может быть планомерной работы в этих районах без создания такого центра, где будет производиться научно-исследовательская работа.

Приходится признать, к сожалению, что в Академии Наук никто этим делом не занимается, и мне казалось бы, что здесь надо просто установить, что Академия должна в первую очередь обратить внимание на геофизику и создать у себе такой центр, который будет центром научно-исследовательской работы по геофизике вообще и, в частности, по гравиметрии.

А. А. Блохин. Позвольте сказать несколько слов о перспективах развития Ишимбаевского месторождения и направлении дальнейших поисков и разведки на нефть по западному склону южного Урала.

Изучение Ишимбаевского района начато мной в 1929 г. и явилось темой моих занятий, как аспиранта Академии Наук, и в последующие годы.

На участке, занятом сейчас бурением, коренные породы прикрыты мощными аллювиальными отложениями р. Белой, на окружающей же разведуемый район площади развиты породы уфимского яруса: песчаники, глины и те же известняки. Среди них отдельными пятнами выходят гнезда гипсов. Обычно (Краснопольский, Нечаев, Замятин и др.) гипсы эти также относили к породам уфимского яруса, принимая нарушения, связанные с выходом гипсов на дневную поверхность, за оползневые явления при общем горизонтальном залегании пород.

В результате произведенных исследований я пришел к следующим основным положениям. Гипсы, залегающие среди красноцветных пород уфимского яруса, являются отложениями более древними, чем окружающие их породы, и представляют собой типичные ядра протыкания. В целом ряде разрезов вскрыто диапировое строение складок, сложенных уфимскими породами, резко дислоцированными, стоящими на головах, нередко совершенно раздробленными вблизи выходов гипсов и довольно быстро выполаживающимися при удалении от ядра диапира. Глубокое бурение в Ишимбаевском районе подтвердило эту мою точку зрения, так как ни в одной из пробуренных скважин в разрезе уфимской толщи гипсы не были встречены, за исключением совершенно ничтожных прослойков. Наоборот, залегающие ниже уфимских слоев породы кунгурского яруса в основной своей массе оказались представлен-

ными химическими осадками (гипсы, ангидриты, каменная соль), покрывающими толщу нефтеносных известняков, возраст которых не может в настоящее время считаться точно установленным (нижняя пермь—верхний карбон). Бурением установлено также, что участкам с высоким залеганием кровли химических осадков обычно соответствуют места наивысшего подъема поверхности известняков. Акад. И. М. Губкин в своем докладе говорил, что содержащие нефть известняки Ишимбаевского района имеют неровную, резко расчлененную поверхность, созданную эрозией, как думают некоторые исследователи, или же являющуюся причудливой поверхностью рифов, по мнению других.

К моменту возникновения складчатости в уфимских и кунгурских породах этот расчлененный рельеф толщи известняков уже существовал и, конечно, не мог не повлиять на расположение складок, в которые была смыта серия пород, лежащих над известняками. Резкие выступы поверхности известняков должны были послужить теми барьерами, о которые слипались вышележащие породы. Если это так, то наиболее приподнятым участкам погребенного рельефа известняков на дневной поверхности должны соответствовать наиболее резко дислоцированные участки, т. е. ядра диапировых складок. Если высказанные положения верны, мы имеем ключ к рациональным поискам повышенных участков погребенного известнякового рельефа, к которым приурочены наибольшие скопления нефти, изучая соответствующие этим участкам структуры, наблюдаемые на дневной поверхности, т. е. получаем возможность применения рационального метода разведки Ишимбаевского и аналогичных ему месторождений нефти на южном Урале. Структуры диапирового типа имеют весьма широкое развитие и насчитываются десятками на изученной нами площади по западному склону южного Урала. Признаки нефтеносности имеют здесь также весьма широкое распространение. Породы, содержащие экстрагируемые (бензином) битумы, встречаются повсеместно, нередки также и совершенно ясные признаки нефтеносности: жилы асфальта, обнаруженного нами в уфимским породах у д. Смакаевой, капли жидкой нефти в районе д. Сыртлановой и ряд др.

Поэтому есть все основания считать, что разведочное на нефть бурение во всех этих районах имеет огромные перспективы. Несомненно мы будем иметь здесь целый ряд новых крупных нефтяных месторождений.

Касаясь собственно Ишимбаевского месторождения, следует отметить, что при наличии исключительно благоприятных предпосылок к расширению разведанной на сегодняшний день нефтеносной площади, есть также достаточные основания и на разведку более глубоких, чем вскрытые бурением, горизонтов.

Пробуренные скважины дают нефть из известняков до глубины, примерно, 800 м; ниже, под нефтеносными горизонтами, встречены известняки, насыщенные водой. Однако одна из скважин Ишимбаева (№ 712) при углублении ее в известняках, подстилающих первый нефтеносный горизонт и содержащих воду, дала ясные показания о наличии нефти и на бо́льших глубинах.

По мере дальнейшего углубления в этой скважине приток воды начал относительно понижаться, и в кернах появились ясные признаки нефтеносности в виде жидкой нефти, заполняющей пустоты и трещины в известняке. Это дало нам основание рекомендовать начать разведку и более глубоких, не вскрытых еще скважинами, горизонтов.

Таким образом, вновь открытое Ишимбаевское месторождение нефти Башкирской АССР имеет, по нашему мнению, огромные перспективы на развертывание разведки вширь и вглубь.

Акад. И. М. Губкин. Когда я делал свой доклад, я забыл сказать, какие же запасы в настоящее время подготовлены к эксплоатации; а ведь это самое главное. Можно ли сейчас же начинать дело широкого развертывания урало-эмбенской нефтяной промышленности? Что мы имеем бесспорно сейчас в Урало-Эмбенском районе? Тов. С. С. Осипов сказал, что, несмотря на то, что не только общий запас увеличился, но что и выявленный запас уже увеличился и увеличился значительно, тем не менее добыча из года в год падает, и на 1933 г. запроектировано всего 230 тыс. т добычи со всего района. Но что такое 230 тыс. т в условиях советской нефтетопки, когда мы добываем 23 млн. т из наших районов. Ведь это составляет только 1%, а это — сущий пустяк. А между тем, если принять во внимание спор между различными авторами, то можно твердо принять цифру в 20 млн. т подготовленных запасов, а если взять те намеки, о которых говорил С. С. Осипов относительно Искине — 14 млн. т, то там, где называли 7.5 млн. т, значит, будет 21 млн. т; затем, если взять Шувар-кудук — 4 млн. т на Джаксыбае, то дело подойдет к цифре 25 млн. т готовой нефти, которую можно уже сейчас брать. Допустим даже 20 млн. т, как некоторые говорят, но и эта цифра обеспечивает развертывание добычи в течение пятилетки и мне кажется, что намечаемая сейчас программа развертывания Урало-Эмбенского района реально соответствует состоянию изученности месторождения. Понятно, что мы этими запасами не можем ограничиться. Мы говорим о создании нефтяной базы на востоке и хотим, чтобы у нас на востоке была такая значительная база, как и на юге. Юг дает нам сейчас 23 млн. т, а на будущий год намечается поднятие добычи в одном Баку с 15 до 22 млн. т в связи с новой кампанией, которая начата в каминском месторождении. Поэтому мы хотим говорить о создании базы сначала на 10—15 млн. т, а потом на 20 млн. т. Такие перспективы оправдываются теми возможностями, которые заключаются во всем этом крае. Для этого необходимо, с одной стороны, соответствующее развертывание геолого-разведочных работ и в первую очередь геофизических исследований. Я большой поклоник геофизического метода, потому что вижу его конкретные результаты. Ведь Курская магнитная аномалия открыта методом геофизики, магнитометрией, а за нею гравиметрией. Первую скважину Курской магнитной аномалии мы заложили на основании данных магнитометрии и гравиметрии и общих геологических соображений, составленных под руководством акад. А. Д. Архангельского. Здесь сочетались методы геологии и геофизики, и результаты получились блестящие.

Я считаю, что одна геофизика без геологической интерпретации недостаточна; но когда на помощь геофизике придет эта геологическая интерпретация, когда мы геофизические показатели электрического сопротивления, показатели сейсмических волн переведем на геологический язык, то получается великолепная картина геологического строения изучаемого участка нашей земной коры. Такой комплексный метод работы должен стать нашим обычным дальнейшим методом. Это и есть, как говорят теперь, диалектический метод, диалектический подход к изучению поставленного перед собою вопроса; вопрос нужно изучать с разных сторон, не ограничиваясь одной какой-нибудь стороной.

Только такое комплексное разрешение вопроса даст нам настоящую картину изучаемого объекта, и тогда понятно, что глубокие разведочные работы промышленного характера пойдут не впустую, а на основании строго научного построения и будут давать результаты. Тогда мы не только будем констатировать наличие нефти в данном месте, будем оконтуривать не только купол, но и распространение нефтяных залежей и подготовлять их к промышленному освоению. На основании этого за ними пойдет промышленность, которая наверняка будет ставить свои эксплоатационные буровые скважины, и тогда освоение района пойдет настоящими темпами по намечаемым программам. Необходимо быть настойчивыми в нашей работе. Приведу пример такой геологической настойчивости. Калинское нефтяное месторождение безрезультатно разведывалось в течение 10—11 лет, но в течение этих 10—11 лет постепенно, шаг за шагом, получались новые данные, на основании которых менялся ход нашей разведки. И что же? Кала в настоящее время дает 8 тыс. т ежедневной добычи, т. е. столько, сколько дает старый Ленинский район (Балахна).

Благодаря такой упорной, настойчивой работе в разведке мы добились желаемых результатов. Этот метод настойчивости, упорства необходимо применять и в дальнейшем, несмотря на то, что быть может у нас в процессе работы будут получаться отрицательные результаты. Не взирая ни на что, настойчивость, упорство, выдержка должны быть основными методами в нашей геологической и геологоразведочной работе. В нашей работе, конечно, будут ошибки — без этого никакая работа не обходится, но к этим ошибкам нужно относиться спокойно.

Мне думается, что Геологической секции настоящей сессии Академии Наук, связанной с такими большими вопросами, как вопрос Большой Волги, который в сущности меняет все лицо юго-востока Европейской части нашего Союза, необходимо вынести определенное мнение по этому поводу.

Мы должны здесь сказать, что величайшая проблема Большой Волги требует сейчас постановки также грандиозной проблемы создания новой нефтяной базы на востоке нашего Союза.

Мы должны сказать, что предпосылки геологического и геофизического характера позволяют не только поставить этот вопрос, но и найти его благоприятное разрешение.

Мне думается, что этот момент должен быть отмечен и в резолюции по нашему докладу и выступлениям, которые были с этим докладом связаны. Только тогда это постановление будет авторитетным и его нельзя будет подвергнуть никакому сомнению. Одно дело, что говорит один ученый, даже самый авторитетный. Другое дело, когда говорит коллектив научных работников: тут уж нельзя сказать, что все собравшиеся являются фанатиками какого-то одного вопроса. Коллективный разум — это великий разум, и если один человек может ошибаться, и очень часто ошибаться, то ошибки коллективного разума чрезвычайно малы или, можно сказать, отсутствуют вовсе.

Поправки и дополнения к моему докладу, которые сделал акад. А. Д. Архангельский можно, конечно, только приветствовать. Он хорошо знает все места, начиная от Устьурта по направлению к Аральскому морю и к Аму-дарье. Можно также приветствовать и вопрос, который ставит акад. А. Д. Архангельский о перенесении разведочных работ на запад от Волги.

По поводу вопроса о серных месторождениях района Самары и наличия гипса и ангидрита должен сказать, что я ведь говорил о нефтеносности всей этой области, куда входят и серные месторождения. Сейчас я конкретно не могу указать, где, в каком месте будет нефть, и чтобы ответить на этот вопрос я должен знать геологическую структуру, которой подчинены залежи серы и гипса. Но я выдвигал вопрос о нефтеносности всей этой обширной полосы. Я только забыл сказать одно, что область Стерлитамака это, очевидно, область более широкая, прилегающая к западному Уралу и она поразительно напоминает в США область западного Техаса, соляной бассейн, где сейчас добывается громадное количество нефти. Там нефтяные месторождения подчинены каменноугольным отложениям.

Акад. А. П. Карпинский. Говоря о девонских слоях, надо сказать, что на восток по направлению к Уралу встречается иногда асфальт — об этом можно найти заметки в «Горном журнале» 1871 г.

Что касается до наших направлений дислокации, то они давно являются весьма ясными. Одно из них идет в направлении Донецкого бассейна, другое на Урал, и то, что соответствует кавказскому и уральскому направлениям, в этом углу сходится; тут я и объяснял возникновение этих антиклиналей.

Председатель. Приступим к следующему докладу Б. П. Кротова «О сере Самарского района в связи с геологическими исследованиями Волжского края».

Б. П. КРОТОВ.

СЕРА САМАРСКОГО РАЙОНА В СВЯЗИ С ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ ВОЛЖСКОГО КРАЯ

Сера в Самарском крае известна давно, еще со времени Бориса Годунова. В одной из книг того времени имеются указания на присутствие в этом крае серы, которая там добывалась. При Петре I шла

добыча серы в одном из районов, а именно в Сергиевском. Около 1720 г. серу перестали добывать в Сергиевском районе и перенесли работы на правый берег Волги в районе с. Подгоры и плавили серу недалеко от Царева Кургана близ Ставрополя. В конце XVIII в. работы на месторождении были прекращены, о сере забыли, и только с половины XIX в. было открыто несколько месторождений около Самары близ Алексеевска и др.

В Самарском крае известны три района сероносности: 1) Сергиевский район в 120 км восточнее Самары, 2) Самарский район — в районе Самары и несколько восточнее и 3) район с. Подгоры на правом берегу Волги. Эти месторождения, однако, не разрабатывались, и только несколько лет тому назад о сере вспомнили и были поставлены разведочные работы на серу в Самарском районе. Эти работы ведутся в настоящее время Средневолжским геолого-разведочным трестом в Алексеевском и Водинском районах, и к настоящему дню здесь уже разведаны и подсчитаны запасы серы в размере около 250 тыс. т. В настоящее время трест Средволгасера приступает к постройке серного завода на базе запасов серы в этих месторождениях.

По предложению краевых организаций и треста Средволгасера весной нынешнего года Академия Наук взялась изучить генезис этих месторождений, и Ломоносовский институт снарядил туда партию, которая и работала целое лето. В настоящее время собранные материалы только что начали обрабатывать, и потому я не могу еще сообщить о результатах работ, т. е. выводов о генезисе этих месторождений, а могу передать только общие сведения об условиях залегания серы здесь и поставить вопрос о генезисе для обсуждения.

Самарский район, как я уже говорил, содержит серу в нескольких местах, но нашему исследованию подвергались районы Водинский и Алексеевский, т. е. месторождения Присамарского района. Остальные месторождения были осмотрены довольно бегло, так как месторождения здесь плохо вскрыты.

Геологическое строение района представляется в следующем виде. Здесь мы имеем толщу верхней перми, а именно верхних горизонтов казанского яруса, которые сверху прикрыты сарбайскими отложениями и выше толщей татарского яруса. Кроме того, в районе встречаются отложения разных возрастов, но вблизи серных месторождений имеются только акчагыльские отложения. Толща казанского яруса представлена доломитами, гипсами и ангидритом. Ангидрит находится только в нижней части этой толщи; сверху мы имеем чередование, иногда очень интимное, между доломитами, мергелями и гипсом, причем гипс мощных пластов не образует, а появляется только в виде пропластков, вкрапливаний и линз.

Разведка коснулась, главным образом, верхних частей казанского яруса в виду того, что сера находится в верхних частях толщи. В пределах этой толщи сера находится не в одном месте, а рассеяна в нескольких горизонтах, причем главное месторождение сосредоточено в первом пласте битуминозного доломита, залегающем на 18 м ниже поверхности земли. Первый битуминозный пласт прикрыт сверху

сплошным пластом серы, второй пласт ее залегает несколько выше подошвы пласта битуминозного доломита. У подошвы первого битуминозного пласта доломита имеется также сера, но в небольшом количестве. Во втором битуминозном горизонте доломита имеется также 2 пласта серы, но гораздо меньшей мощности; она встречается еще в третьем битуминозном горизонте, но в еще меньшем количестве; главная масса серы, однако, приурочена к первому битуминозному горизонту доломита.

Более детальный разрез через тот сероносный пласт, который считается серной плитой и который предполагается разрабатывать, показывает, что он сложен из тонкослоистого доломита, в верхней и нижней части отчасти выщелоченного и близкого по составу к мергелю. Он имеет мощность от 4 до 5 м. Вкрапления серы в этом пласте имеют различную форму и различные размеры. Они представлены то линзами, то прослойками, то неправильными ядрами и желваками разных размеров. В среднем они имеют мощность

Выделения серы в некоторых местах образованы из сплошной серы, но по большей части из смеси серы и кальцита. Изредка в массе таких желваков встречается сверх того и гипс. В очень многих местах довольно ясно устанавливается скопление серы в средней части желваков и окаймление ее кальцитом с поверхности. Иногда бывает и наоборот. Довольно часты желваки и линзы сложного строения, состоящие из нескольких тесно сближенных ядер серы, разделенных тонкими перегородками доломита или кальцита.

Строение пластов серы нами более подробно изучено только в пределах первого горизонта битуминозного доломита. Другие горизонты более детально не изучаются, так как они не выходят на поверхность.

Мощность серных горизонтов вариирует: в среднем считается, что первый пласт имеет мощность от 0.07 до 2.3, а в среднем около 1 м, а нижний пласт от 0.05 до 0.7, а в среднем всего лишь 30 см. Содержание серы в верхнем пласте, в среднем, около 9.5, а в нижнем около 12%.

Изучение месторождения показывает, что на состав месторождения и на вмещающие породы большое влияние оказали почвенные и грунтовые воды.

Деятельность грунтовых вод сказывается сильно на вмещающих породах. Она выражается в образовании карста, в выщелачивании карбонатной толщи сверху и в переходе их в мергели и глины. Эти воды вызывают разложение доломитов на процессы кальцитизации их (дедоломитизация) и процессы замещения гипса кальцитом.

Под влиянием циркуляции грунтовых вод битумы, содержавшиеся первоначально в породе, местами почти полностью исчезают. Из этого перечисления видно, что грунтовые воды оказывают действительно довольно серьезное влияние на вмещающие серу породы.

Несомненно, они оказали влияние и на самую серную толщу: мы видим, что в верхних слоях земной коры сера почти полностью вынесена из толщи; остаются пустые каверны, иногда отдельные кри-

сталлы серы, но большая часть серы перенесена в лежащую ниже толщу.

Действие грунтовых вод проявляется и на выносе битумов из серы. Во многих местах толщи сера битуминозна и имеет красновато-желтый цвет, а там, где она подвергалась более энергичному действию воды, она очистилась и представляется в виде кристаллов обычного желтого цвета.

И, наконец, влияние этих вод, циркулирующих в земной коре, может привести к образованию самого серного месторождения. Таким образом, влияние грунтовых вод сказывалось как на самом месторождении, так и на вмещающих породах.

Остановимся теперь на тех представлениях о генезисе серных месторождений, которые высказаны в литературе. Мы имеем в Самарском районе совершенное отсутствие проявления вулканических процессов, так что можно остановиться только на генезисе месторождений серы вне связи с магмой, т. е. не учитывая возможности приноса серы из каких-то магматических бассейнов.

Приведя перечисление всех этих гипотез, я должен прежде всего указать на возможность группирования их в два типа гипотез. Первый тип представляют сингенетические гипотезы, а второй — эпигенетические. Остановимся на этих гипотезах более подробно.

Теория образования сингенетических месторождений серы разбивает процесс образования месторождений на две части: первая — образование сероводорода, и вторая — окисление сероводорода до серы.

Я остановлюсь прежде на условиях образования сероводорода, а затем на причинах его окисления. Причиной образования сероводорода может служить образование его при гниении органических остатков, находящихся в каком-нибудь бассейне. Второй причиной образования сероводорода может быть гниение растительных организмов в бассейнах, содержащих значительное количество сернокислого кальция, и восстановление сернокислого кальция до сероводорода.

Следующей причиной образования сероводорода является деятельность серо-бактерий. Выяснено исследованиями, что серо-бактерии целого ряда видов обладают свойством и способностью разлагать сернокислый кальций с образованием сероводорода. Таких бактерий указывается довольно много: *Spirillum desulfuricum*, *Proteus vulgaris*, *Bacterium hidrosulfuricum*, *Microspira acituaria*, *Bacterium mycoides*.

Некоторые американские исследователи в деле образования сероводорода и месторождений серы влиянию бактерий придают наиболее важное значение.

Следующий агент, который может вызывать образование серы, это — действие метана, образующегося в некоторых бассейнах при гниении целлулозы.

Теперь коснемся вопроса о том, как происходит самое окисление сероводорода. Оказывается, что и этот процесс может происходить различным способом: во-первых, путем окисления сероводорода кислородом, во-вторых — вследствие деятельности бактерий. Исследования

показали, что существуют бактерии, которые нуждаются в сероводороде: они поддерживают сероводородом свое дыхание и отлагают внутри своего тела серу. Сюда относятся следующие виды бактерий: *Beggiatoa alba, Chromatium okeini.*

Перейдем теперь к перечислению теорий образования месторождений серы эпигенетическим путем, т. е. к образованию серы в толще земной коры уже после отложений всех пластов, слагающих эту толщу.

Генезис месторождений серы различными исследователями объясняется опять-таки различно.

Согласно первой теории происходит дестилляция газов из битуминозных пород, содержащих вкрапления и прослойки гипса, восстановление ими гипса с образованием сероводорода и дальнейшее окисление сероводорода в толще земной коры, главным образом, на уровне грунтовых вод.

Следующая теория объясняет восстановление гипсов при помощи бактерий, пропитывающих нефтеносные породы и окисление получающегося сероводорода на уровне грунтовых вод.

Третий способ образования серы — востановление гипсов поднимающейся нефтью на глубине, растворение сероводорода в нефти и выделение его из нефти при выходе нефти на поверхность земли; затем происходит окисление сероводорода. Этим, повидимому, и можно объяснить сообщенный акад. И. М. Губкиным факт нахождения в районе Баку, вблизи некоторых нефтяных месторождений, выделений серы, правда, повидимому, незначительных.

Четвертый способ образования серы — отложение серы из нефти, поднимающейся на поверхность и дающей при испарении в остатке серу; согласно этой теории в глубине нефть содержала в растворе серу, которая в поверхностных частях из нее и выделяется.

Наконец, пятая теория — прямое восстановление гипсов поднимающейся из глубины нефтью, причем этот процесс может происходить и не глубоко.

И, наконец, последняя теория объясняет образование серы путем окисления сероводорода, выделяющегося из глубины в виде сухих газовых струй. Этим способом объясняли генезис серы в месторождении серы в районе Махач-Калы.

Таким образом, имеется целый ряд теорий генезиса месторождений серы эпигенетическим путем, причем исходные продукты и агенты, вызывающие образование серы и самый ход реакции, остаются те же, что и при сингенезе, но разница имеется только в условиях хода реакции, в обстановке, при которой происходит образование серы.

Выше я уже сказал, что грунтовые воды, с одной стороны, могут быть агентами, которые могут создать самое месторождение серы. Но, с другой стороны, действие грунтовых вод может выразиться и в преобразовании существовавшего ранее месторождения серы и вызвать растворение и перенесение серы, вместе с серой уносятся в растворе и битумы.

Таким образом, во втором случае может произойти наложение одного процесса на другой, и процесс вторичного изменения ранее сформировавшегося месторождения чрезвычайно запутывает всю картину и затрудняет выяснение условий возникновения серы в этой толще. Чрезвычайно трудно в таких условиях решить вопрос, образовалось ли месторождение эпигенетическим путем или сингенетическим. Может быть большое количество теорий генезиса месторождений серы существует только из-за этих вторичных процессов изменения месторождений, затушевавших характерные первичные признаки их.

В американской литературе появилось за последнее время несколько исследований, которые, например, отрицают возможность образования серы путем действия нефти на гипсы в виду того, что поставленные опыты дали отрицательные результаты. По отношению к некоторым месторождениям эта теория у нас поддерживается очень энергично.

Есть исследователи, которые придают огромное значение серобактериям. Например, считают, что Сицилийское месторождение образовалось таким путем в условиях солоновато-водного бассейна, когда сернокислый кальций разлагался этими бактериями, и в то же время указывают, что деятельность бактерий должна была прекратиться, как только концентрация серы создавалась такая, что происходило сильное выделение сернокислых солей в осадок.

Относительно отложения серы из нефти прямым путем нужно сказать следующее. Присутствие серы в растворе в нефти известно уже давно, и для некоторых нефтей оно считается характерным. Акад. И. М. Губкин сообщает о присутствии серы также и в Ишимбаевском месторождении нефти; в нефтях присутствует и сероводород.

Является вопрос — откуда является сера в нефти? Является ли она прирожденной с момента образования нефти или появилась в силу реакции между нефтью и какими-то гипсовыми толщами, или она является следствием действия тех бактерий, которые в нефти были. Такие серные бактерии иногда сохраняются и могут быть констатированы даже в современных нефтях.

Поэтому решение вопроса о генезисе серы в таких районах, как Алексеевское месторождение и Самарский край вообще, требует предварительного разрешения некоторых чрезвычайно важных проблем, которые важны не только для Алексеевского района, но и для целого ряда серных месторождений Союза. Я перечислю несколько таких проблем: первая — проблема сапропеля. Если в солоноводном бассейне, в котором была органическая жизнь и в котором затем образовался сапропель, этот последний мог действовать востанавливающим образом на содержавшийся в растворе сульфат кальция, то как следствие этой реакции должна получиться сера. Поэтому генезис серы, находящейся в гипсоносной толще, мог бы быть просто объяснен, если бы мы могли легко и просто выяснить природу того битума, который в этой толще содержится. Если бы мы в Алексеевском месторождении могли указать присутствие битума сапропелевого характера,

то генезис нашел бы свое решение, или во всяком случае мы бы имели много оснований считать серу сингенетической. К сожалению, по имеющимся сведениям выяснение природы битумов, содержащихся в битуминозном доломите Алексеевского района, является делом чрезвычайно трудным и почти что неразрешимым. Я считаю, что если бы была поставлена специальная работа по изучению природы битумов и в серноносных породах, то решение серной проблемы во многих случаях нашло бы более простое объяснение.

Вторая проблема, по моему мнению, это бактериальная проблема. Если нефть во многих местах содержит бактерии и эти бактерии имеют способность востанавливать гипс, то изучение нефти помогло бы разрешить вопрос о сере, которая находится как в пропитанных нефтью породах, так и в тех районах, где нефть изливается на поверхность. Точно так же, если бы могли найти в сероносно-гипсоносной толще бактерий, которые когда-то жили в солоноватоводных бассейнах и которые могли бы восстановить сульфат кальция и дать в конечном счете месторождение серы, то по присутствию этих бактерий в толще можно было бы судить о генезисе.

В некоторых случая, как оказывается, эти бактерии сохраняются и до настоящего времени в состоянии анабиоза, их можно оживить, и вновь проявится их деятельность.

Третья проблема — о восстановлении гипса действием жидкого битума и гниющими веществами. Согласно сообщению акад. И. М. Губкина о генезисе серы в кепроке месторождений соли в Луизиане ясно, что и американские ученые связывают генезис серы с действием поднимающейся нефти. Однако, на основании своих опытов Тиль считает, что жидкий битум без участия бактерий не может восстанавливать сернокислый кальций.

Затем четвертая проблема сероносности нефти. Во многих нефтях открыто присутствует сера, но исследование насчет сероносности нефти, содержания серы и сероводорода не ставилось полностью как в пределах Союза, так и за границей, и мы не знаем, какие из наших нефтей содержат серу и в каком количестве, откуда взялась сера в нефтях.

Постановка этих проблем очень облегчила бы разрешение вопроса о генезисе месторождений серы. Разрешение этих проблем нужно проводить в тесном контакте с соответствующими институтами — с Сапропелевым институтом, с Нефтяным институтом. Такая широкая постановка позволила бы в ближайшее время наметить пути к разрешению проблемы сероносности и серных месторождений. До обработки материалов, собранных в Алексеевском районе, конечно, трудно высказаться и о генезисе серы в этом районе. Мы имеем здесь, с одной стороны, несомненно присутствие лагунных отложений, которые содержат ангидрит и гипс, но вместе с тем мы имеем пропитанность этих отложений битумами. Скорее всего битум здесь является нефтяным битумом, так как согласно указаниям в докладе акад. И. М. Губкина в Ставропольском и Сызранском районах близ Самары имеются серьезные признаки нефти. Кроме того, жидкий битум известен в Татарии по

рр. Черемшан и Шешме. Нужно думать, что нефть здесь не связана с какой-нибудь толщей, так как согласно геологическим наблюдениям она залегает в толщах разного возраста — карбоне, перми и юре.

Теперь я остановлюсь на последнем вопросе, о значении генезиса серы для выяснения распространения серы в крае и для постановки поисков серы в районе.

Совершенно ясно, что решение вопроса о генезисе серы имеет очень большое значение для этой цели. Месторождения серы в Самарском районе до настоящего времени не оконтурены. Найдено несколько точек, где сероносная толща выходит на поверхность или констатирована разведками сравнительно на небольшой глубине. Если мы представим себе, что сера образовалась путем сингенетическим, то поисковые работы должны быть поставлены в тех районах Самарского края, где мы имеем аналогичные отложения верхов казанского яруса с присутствием там гипса и ангидрита. Если поставим образование серы в связь с нефтью, то серу нужно искать в тех районах, где мы имеем выходы нефти.

Если мы поставим генезис серы в этом районе в связь с восстановлением сульфатов кальция жидкими нефтяными битумами, то поиски серы нужно направить туда, где имеются гипсоносные толщи и где известны выходы битумов.

Таким образом, совершенно ясно важное значение этих вопросов для Самарского края.

Но даже и те данные, которыми мы располагаем в настоящее время, уже дают большие перспективы в отношении сероносности края. В самом деле, какую бы теорию мы ни приняли для образования месторождений, все равно имеются соответствующие предпосылки для распространения этих месторождений на довольно большом пространстве.

Если предположим, что сера образовалась в лагунном бассейне, в конце казанского яруса, то на всем пространстве, занятом этими отложениями лагунного характера, мы можем надеяться найти и серу.

Не меньшие перспективы мы имеем и в случае признания серы, связанной своим возникновением с нефтяными выходами. Нефть констатирована сейчас в районе Самарской Луки, в Ставропольском, Сызранском районах, и те битумы, которые находятся около Самары, по всей вероятности должны быть того же самого происхождения.

Затем давно уже известно, что от Самарского района тянется полоса битуминозных пород — на северо-восток, на рр. Сок и Шешму.

Если сера связана с нефтью, то можно надеяться найти серу на всем этом протяжении.

Кроме того, известно месторождение серы около Тетюшей, именно Сюкеевское месторождение. Мы не знаем, есть ли битуминозные породы между Тетюшами и Самарой, так как здесь породы казанского яруса покрыты довольно мощной толщей татарского яруса и другими отложениями.

Затем, последние исследования нефти в районе Стерлитамака как будто бы обращают наше внимание и на восток в поисках рас-

пространения битуминозных пород казанского яруса в промежутке между Самарой и Стерлитамаком и Тетюшами.

Наконец, если бы мы приняли третью точку зрения, а именно, что образование серных месторождений связано с восстанавливающим действием битумов на гипс, то здесь, благодаря тому, что имеются лагунные гипсоносные отложения в казанском ярусе, с одной стороны, и много выходов нефти, с другой стороны, мы можем надеяться на месторождения серы в тех местах, где налицо и то и другое.

Таким образом ясно, что генезис серы действительно имеет большое значение и для перспектив сероносности района и для постановки соответствующих поисковых работ.

Вместе с тем очевидно, что чисто теоретическое, научное изучение вопроса о генезисе серы имеет большое прикладное значение. Но и наоборот, поисковые и разведочные работы дают много материала для суждения о генезисе серы.

Если при соответствующей постановке разведочных работ обнаруживалось бы нахождение серы всякий раз, когда при бурении получается нефть, то сера будет связана с нефтью; и обратно, если сера всегда встречается в гипсоносных отложениях, то этот факт подтвердил бы взгляд на образование серы в лагунах.

Таким образом, теория дает много для направления поисково-разведочных работ, и обратно — практика оплодотворяет научную мысль.

ПРЕНИЯ

Акад. И. М. Губкин. В связи с докладом Б. П. Кротова я хочу поделиться некоторыми своими соображениями о связи серы с битумами, конкретно — с жидкой нефтью. В Сюкеевском месторождении, недалеко от Тетюшей, я видел следующие геологические соотношения: вверху залегают породы кавказского яруса, а ниже идут породы цехштейна, казанского яруса, мергеля, доломиты, в них конкреции, наполненные нефтью, а под ними лежит очень мощный пласт гипса. Он прослеживается вниз почти до уреза меженных вод. Еще ниже, почти на уровне меженной Волги, залегает нефтяной пласт и на его границе с гипсом — кристаллическая сера. Для меня тут несомненна связь нефти и серы при воздействии углеводородов, не просто метана, а углеводородов на сернокислый кальций и на гипс.

Это — один факт связи — нефть, гипс и в результате — сера.

Что касается моих замечаний относительно Бакинского района, то на Тамани мне приходилось вести тоже довольно большие исследования. Там имеются выходы нефти, приуроченные в таманским диапировым куполам складок, и в связи с этими выходами наблюдаются выходы сероводородных источников и выделение из них серы (налеты на сероводородных источниках).

Второй пример связи нефтяных месторождений с сероводородными выходами и с образованием налетов серы на сероводородных источниках имеем в Майкопском месторождении. Там имеется гори-

зонт тяжелой нефти, где есть выход сероводородного источника, который, по моему мнению, тесно связан с этой нижней залежью нефти. Это — третье.

Далее, в районе Нефтедага за Каспием намечается целая нефтеносная линия, которая, проходя через о. Челекен, уходит в с.-з. направлении в Каспийское море, далее эта линия протягивается на Нефтедаг и т. д.

Нефтедаг, нефтеносность которого для нас является несомненной, и о. Челекен лежат на одной линии, и дальше за Нефтедагом, к юго-востоку на этой же линии, находятся серные бугры.

Если для докладчика наличие битумов является признаком нахождения серы, то для меня, нефтяника, наличие серных бугров является показателем для разведок на нефть, потому что я думаю, что так наз. серные бугры это — определенно нефтеносная линия, связанная с воздействием нефти на какие-то сернокислые соединения.

Конкретно этих гипсов я не видел и не могу о них говорить.

Затем, те американские примеры, которые я сегодня приводил, для меня, нефтяника, являются чрезвычайно доказательными в отношении очень тесной связи в некоторых случаях нефти и серы.

Я не могу обобщить вопроса генезиса серы, образования серных месторождений, потому что сера у нас есть и совсем другого происхождения. Поэтому я нисколько не оспариваю других возможных теорий серообразования, но теория образования серы в связи с нефтью и с битумами для меня является несомненной, и сера в данном случае является показателем нефтеносности.

Поэтому проблемы, которые докладчик ставит в связь с этой проблемой, чрезвычайно интересны. Вопрос о бактериях в нефти также нас интересовал. В лаборатории Нефтяного института (ГИНИ) Гинсбург-Карадычева занималась исследованием этих бактерий. Она работала сначала у проф. Успенского в Баку, исследовала глубокие воды Бакинского месторождения. И вот на глубине 1000 м в Калинском месторождении она нашла анаэробные бактерии. И другие работы того же автора по вопросу о связи этих бактериальных процессов с образованием нефти являются очень интересными, Мне неизвестно, продолжает ли она сейчас эту работу, но работы, проделанные раньше, представляют, с моей точки зрения, большой интерес.

Н. М. Федоровский. Мне хотелось бы услышать от уважаемого докладчика разбор генезиса Самарского месторождения, который в докладе остался не освещенным. С моей точки зрения, доклад страдает, так сказать, спекулятивным в философском смысле подходом. Оказывается, что нефть связана с серой, а если это так, то крупнейшие месторождения серы можно ожидать в Баку и Грозном, а нефтяные залежи должны быть в Сицилии. Мне кажется, что нам сейчас следует, отложив эти теории, заняться реальной проблемой средневолжской серы и гипса, минералогии серы.

Л. Д. Штурм. Мне, как микробиологу, ближе всего вопрос о деятельности бактерий в месторождении серы. Касаясь роли бактерий при образовании серы, необходимо разграничивать два вопроса:

во-первых, генезис серных отложений и, во-вторых, действие бактерий на сформировавшиеся уже отложения.

Б. П. Кротов, говоря о деятельности грунтовых вод, совершенно не касался вопроса о том, что в таких условиях несомненно имеют место биохимические процессы. Перечислив ряд процессов биохимических, которым подвергается сера и ее соединения, докладчик не указал на один важный процесс, на который особенное внимание обратили американские исследователи, именно на окисление серы тионовыми бактериями и *Thiobacillus thiocoxydans*. Этот процесс приводит к окислению серы в сернокислые соединения, конечно, при наличии воды.

Говоря о превращении серы в сапропелевых отложениях, докладчик указал, что этот вопрос не изучен. Это не совсем так: в этом отношении пример Алакульского озера весьма поучителен. Оно содержит в воде большое количество растворимых сульфатов, а в отложениях наблюдается интенсивный процесс восстановления сульфатов. Затем идут процессы окисления сероводорода серными бактериями, которые образуют местами целые пленки на поверхности дна; можно видеть под микроскопом клетки бактерий с большим количеством серы. Несомненно, где идет отложение сапропеля в присутствии сульфатов, превращение серы интенсивнее и приводит к выпадению серы, причем количество сероводорода, выделяющегося из отложений, очень велико.

Б. П. Кротов. Н. М. Федоровский совершенно верно указал, что генезис Алексеевского месторождения в окончательной форме мною не разобран; я сам об этом сказал вначале и объяснил причину. Дело в том, что материал нами только что получен и его лишь начали прорабатывать; конечно, трудно предвосхитить результаты обработки материала; поэтому я не мог осветить полностью этот вопрос и указал лишь на затруднения, возникающие при его разрешении.

Что касается возражения, которое сделал Л. Д. Штурм, то я должен сказать, что влияние бактерий нами учитывалось и я об этом говорил. О способности сапропеля и гниющих организмов восстанавливать гипс мною также было указано. Я отметил также, что на возможность восстановления гипсов жидкими битумами существуют два мнения. Мною было указано, что американские исследователи, как, например, Тиль, ставили специальные опыты и получили отрицательные результаты. Я считал необходимым постановку дополнительных опытов для проверки этих реакций.

Точно так же в отношении бактерий. Та бактерия, о которой говорил Л. Д. Штурм, осталась мне неизвестной, но мы обратили внимание на возможность хода этой реакции в грунтовых водах, и о влиянии их на серу я говорил. Но за недостатком времени и за нецелесообразностью ставить вопрос о генезисе серы сейчас во всей полноте я опустил в докладе целый ряд деталей.

Председатель. Слово для доклада предоставляется П. А. Волкову.

П. А. ВОЛКОВ

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ СРЕДНЕВОЛЖСКИХ СЕРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При развитии техники и науки в Советском Союзе все с большей и большей ясностью выдвигается необходимость строительства комбинированных производств, в которых используются, по возможности, все отдельные составные части сырья.

При комплексном использовании сырья, на некоторых, построенных в последнее время, заводах оправдывается смелое положение, высказанное акад. Вальденом: «в промышленности нет отбросов и остатков. Отбросы — это химическое сырье, пока еще не нашедшее своего специалиста-промышленника, пока еще не попавшее на соответствующий завод».

Основываясь на указанном общем положении, необходимо и для средневолжских серных месторождений выработать технологию не только в отношении использования серы, но также и других сопутствующих элементов сырья.

Первые исторические сведения об эксплоатации средневолжских серных месторождений относятся еще к XVI—XVII векам. «Книга глаголемая большой чертеж» сообщает, что в 90 верстах от Самары находится озеро и что «в нем емлют серу горючую».[1] При Петре I на р. Сургут был построен серный завод; добыча производилась из серных источников путем осаждения серы из воды в деревянных водоемах. В 1720 г. этот завод был закрыт, и рабочие были переведены на новый серный завод недалеко от Царева Кургана, который работал до 1764 г. В 1856 г. частный предприниматель Светов начинал эксплоатацию серы на месторождении Водино. На этом кончается разработка месторождений в прошлом.

Как видно из этой краткой исторической справки, добыча серы велась в Самарском районе с XVI до XIX в., но примитивная технология, плохая разведанность месторождений и иностранная конкуренция заставили прекратить производство. В настоящее время как разведку месторождений, так и разработку технологии приходится начинать заново.

В настоящее время промышленными разведками вскрыты Алексеевское и Водинское серные месторождения, расположенные в 28—30 км от Самары. На Алексеевском месторождении разведками обнаружено пластовое залегание серной руды. Промышленное значение могут иметь два пласта: первый, залегающий на глубине в среднем до 30 м, мощностью в 1 м, и второй, лежащий на 4 м ниже первого, мощностью до 40 см. Общая площадь распространения определяется в настоящее время до 600 га. Общие запасы по категории С выражаются цифрой до 1 млн. т, считая на чистую серу.

[1] «Волжская сера», Сб. № 1. Волжское краевое гос. издат., 1933.

На той же площади под пластами серной руды на глубине 70 м залегает мощный слой в 10—12 м ангидрита с общими запасами по категории С до 150 млн. т. Из второстепенных полезных ископаемых, которые будут добываться попутно с серной рудой или ангидритами, здесь имеются битуминозные известняки, в отдельных случаях со значительными включениями битумов, зеленые глины и черные глины типа флоридиновых.

Переходя к критическому разбору технологии, остановимся прежде всего на самородной сере. Серная руда представляет собой битуминозный известняк с включениями самородной серы и содержит в среднем от 10 до 12% серы, т. е. относится к типу бедных руд; содержание битума в руде колеблется в среднем около 2%.

Для бедной серной руды из литературы известно несколько методов для переработки:

1. Наиболее проработанный в промышленном масштабе способ, основанный на предварительном обогащении руды флотацией с последующей выплавкой серы из концентратов.

2. Сероуглеродный — основанный на выщелачивании серы сероуглеродом с последующим получением серы из раствора путем отгонки растворителя.

3. Выщелачивание серы в полихлорид из бензола в смеси с керосином при высокой температуре в 100—120° и выделение серы из раствора путем кристаллизации при охлаждении раствора.

4. Возгонка серы в ретортах или инертными газами при высоких температурах.

Этим ограничивается число простых способов для получения серы из бедных руд. Распространенные заграничные способы извлечения серы — американский инж. Фраша, или итальянский в печах Жилля и паровой — для бедных руд — технически не применимы.

Извлечение серы, основанное на предварительном обогащении руды флотационным методом, как я уже сказал, наиболее проработан и освоен в промышленном масштабе. Я не буду останавливаться на разборе и описании этого метода, так как он очень полно освещен в литературе и широко распространен вообще для различных полезных ископаемых, и остановлюсь только в кратких чертах на разделении составных частей руды при обогащении.

Главные составные части руды — доломитизированный известняк и элементарная сера при обогащении разделяются почти полностью, и, с одной стороны, получается серный концентрат с содержанием от 70 до 80% серы и, с другой стороны, раздробленный известняк в виде пульпы — отходы или хвосты фабрики с содержанием всего от 1 до 2% серы.

Главные составные части, таким образом, довольно полно разделяются, и дальше вполне естественно возникает вопрос об использовании и очистке как серных концентратов, так и отходов. Для переработки серных концентратов возможно применить также несколько методов, отчасти перечисленных нами выше, но из них в техническом отношении заслуживают внимания только два — автоклавный метод

и непосредственная возгонка серы из концентратов. При автоклавном методе, основанном на выплавке серы из сырых концентратов путем нагрева концентратов острым паром при повышенном давлении, получается комовая сера вполне удовлетворительного качества в отношении золы, которая колеблется в пределах 0.5% и ниже, но в отношении битумов указанный метод не дает разделения, и сера получается загрязненной битумами. Получить полное разделение битумов от серы при плавке в автоклавах, пользуясь простыми приемами, повидимому, не удается, так как часть битумов растворена и связана с серой. Очистку серы от битумов возможно провести путем отгонки полученной серы.

При непосредственной возгонке серы из концентратов в начале возгонки из реторты идут пары битумов, но они будут получаться сильно загрязненными серой, а дальше идут пары чистой серы, но по мере хода процесса возгонка очень сильно затрудняется из-за отложения на стенках реторы пустой породы. Это затруднение очень сильно удорожит процесс. Вторым слабым местом способа следует считать сушку концентратов, которая для большого завода не разработана и, повидимому, рациональна только в вакуум-сушилках, что потребует сложной аппаратуры. Указанные слабые места процесса вызывают большие сомнения в отношении экономичности. Ввиду того, что метод не освоен в промышленном масштабе, необходимо очень осторожно подойти к его применению в заводском масштабе. Мы не останавливаемся на других методах для извлечения серы, так как они недостаточно освещены в технологическом отношении и не применяются в заводских масштабах.

В настоящее время для вновь организуемого серного предприятия на Алексеевском месторождении принят флотационный метод с последующей выплавкой серы в автоклавах или же, как возможный вариант, с возгонкой серы из концентратов в ретортах. Отходы же с обогатительной фабрики, получающиеся в виде пульпы с водой, предположено выбрасывать. Отходы при таких условиях будут обременять предприятие и загрязнять окружающую местность, по которой проходит железная дорога, и будут портить луга, а возможно и реку Самарку, которая проходит у границ месторождения.

Хвосты из произведенного нами анализа состоят, главным образом, из углекислого кальция, углекислого магния, частично кремнекислоты и очень небольших количеств полуторных окислов. Указанный состав хвостов показывает, что их можно использовать после обжига как известь. Учитывая очень дешевую стоимость отходов, которая будет складываться из стоимости обезвоживания и сушки за счет отходящих газов обжиговой печи, мы рассчитываем, что даже если получающаяся известь не будет обладать высокими качествами из-за примесей магния, то все же должна найти себе применение в бытовом строительстве, а также как материал для строительных блоков и кирпичей. В настоящее время нами поставлены лабораторные работы по обжигу хвостов с целью установления качества получающейся извести. В лабораторных условиях нам не удалось установить роль битумов при обжиге, но мы

рассчитываем на то, что в промышленном масштабе они окажут незначительное влияние в положительную сторону в смысле уменьшения количества топлива, необходимого при обжиге. При разборе флотационного метода извлечения серы мы почти не касались вопроса об извлечении битумов. Количество битумов в руде колеблется и в среднем оценивается в 2%. Указанное количество не позволяет их выделить, пользуясь специальными приемами, и только попутное выделение их без затраты регентов было бы экономически целесообразно. К сожалению, метод флотационного обогащения не приводит к желаемой цели и выделения битумов в виде концентрированной части — не происходит. Главная часть их при флотации уходит в хвосты и извлечь их простыми методами не представляется возможным. Единственно полезная утилизация битумов представляется как использование мелких отходов в качестве наполнителя при асфальтировании дорог с частичными добавками асфальтирующих веществ. Для попутного выделения битумов заслуживает внимания сероуглеродный метод, который позволяет извлекать из руды нацело серу и битумы; раствор же, по работам Института прикладной минералогии, легко очистить от битумов путем поглощения их при фильтрации через флоридиновую глину, и таким путем можно выделить все составные части руды. К сожалению, сероуглеродный метод нельзя рекомендовать для заводского процесса, хотя он был проработан в промышленном масштабе на заводе в Польше, так как он не достаточно проработан в аппаратурном отношении и в отношении пожарной безопасности. Таким образом, вопрос об извлечении битумов и рациональном их использовании остается открытым.

Переходим к следующей полезной части сырья Алексеевского месторождения — ангидритам и гипсам.

Ангидрит, как я уже сказал раньше, залегает пластом мощностью до 12 м, и запасы его определяются огромной цифрой до 150 млн. т или, считая на серу, до 30 млн. т.

Использование гипса и в особенности ангидрита для получения серной кислоты с попутным получением цемента в последние годы привлекает широкое внимание как в заграничной печати, так и у нас в Союзе.

Впервые производство серной кислоты из гипса было организовано во время империалистической войны в Германии на заводе Леверкузен, который имел производительность в 1928 г. до 50 тыс. т серной кислоты и соответственно 52 тыс. т цемента. Первые показатели завода были благоприятны, но в последние годы завод не работает. Причины остановки завода неизвестны, но вероятнее всего создавшиеся в результате экономического кризиса неблагоприятные условия для сбыта цемента заставили завод прекратить производство, так как одностороннее получение серной кислоты без цемента из гипса является невыгодным. В литературе есть указание, что в последнее время получение серной кислоты из гипса организовано на одном заводе во Франции. Практика Леверкузеновского завода, организовавшего производство серной кислоты из гипса на основе патен-

тов Мюллера, Kirschitzë и Дюцебургского завода показала полную технологическую возможность использования этих видов сырья. Описание патентов и технологических методов получения серной кислоты из гипса приводится в различных трудах и в частности в работе В. Н. Будникова. Основным методом, по которому работают заводы в Германии и в других странах, является способ Байера-Мюллера, основанный на реакции разложения гипса при прокаливании его со смесью глинистого сланца и угля.

$$CaSO_4 + 2C = CaS + 2CO_2$$
$$3CaSO_4 + CaS = 4CaO + 4SO_2$$
$$aCaO + bR_2O_3 + cSiO_2 = aCaObR_2O_3cSiO_2.$$

Необходимость вводить добавки углерода и глины объясняется тем, что диссоциация чистого гипса начинается только при температуре в 800° и заканчивается при 1400°, тогда как добавка углерода и глины снижает температуру полной диссоциации до 1100—1150°.

В действительности процесс разложения гипса осложняется ходом промежуточных реакций; при восстановительной атмосфере в печи может итти побочная реакция восстановления гипса до

$$CaSO_4 + CO \rightleftarrows CaS + 4CO.$$

Во избежание этой реакции, задерживающей образование SO_2, необходимо для сернокислотного процесса поддерживать в печи слегка окислительную атмосферу и хорошо перемешивать исходную шихту. Практические затруднения при осуществлении способа сводятся к следующему: температура плавления $CaSO_4$ (1360°) близка к температуре обжиговой зоны цементной печи (1350—1400°); так как при неоднородности смеси возможно поступление в обжиговую зону непрореагировавших частей шихты, то это может повлечь образование колец и расстройство хода печи; кроме того, в самом процессе разложения гипса возможно частичное образование основного сульфата $CaSO_4$, более легкоплавкого, чем основная масса. Для избежания указанных осложнений в процессе необходима точная регулировка хода печи, что довольно трудно достижимо на небольшом производстве, но на больших вращающихся печах свыше 70 м можно достигнуть вполне благоприятных результатов. Из технологических расчетов, приведенных в специальной литературе, видно, что для получения 1 части цемента и соответственно 1 части серной кислоты необходимо затратить 2.17 частей гипса и 0.4 части глины, или же 1.8 части ангидрита, т. е. из 1 т ангидрита и 0.2 т глины можно получить 0.55 т серной кислоты и 0.55 т цемента. При использовании ангидрита на серную кислоту и цемент получается полное использование всех составных частей сырья на полезные продукты. В работе В. Н. Иванова сделана попытка скалькулировать стоимость серной кислоты из ангидрита и гипса для Ленинграда на привозном сырье из б. Архангельской губ. за 2000 км. По этой кулькуляции стоимость 1 т кислоты из ангидрита составляет всего 34 руб. 50 коп. и из гипса 58 руб. 40 коп.

Из этой калькуляции, с одной стороны, видно, что стоимость серной кислоты из ангидрита составляет всего $^2/_3$ стоимости ее из гипса, и, с другой стороны, даже на привозном сырье возможно получить из гипса приблизительно по той же стоимости серную кислоту, что и на колчеданах.

Возможность использования ангидритов Алексеевского месторождения во всех отношениях представляет громадный интерес: большие запасы ангидрита могут обеспечить химический комбинат с производительностию даже до 1 млн. т серной кислоты почти на 100 лет; близость топлива — волжских сланцев, расположение предприятий на Волжской системе с громадным районом сбыта и дешевыми путями сообщения обеспечивают сбыт цемента и серной кислоты.

Возможность использования ангидритов не ограничивается только получением серной кислоты и цемента — из него можно получать также серу и известь.

В восстановительной атмосфере вращающейся печи при высокой температуре возможно течение реакции в сторону восстановления ангидрита до CaS по уравнению

$$CaSO_4 + 2C = CaS + 2CO_2.$$

При указанном течении реакции возможна дальнейшая обработка получающегося сернистого кальция при повышенной температуре водяным паром с целью получения окиси кальция и сероводорода по реакции:

$$CaS + H_2O = CaO + H_2S.$$

Сероводород при указанной реакции должен получиться концентрированным, и получение серы из него путем окисления кислородом воздуха не встретит затруднений.

Первая реакция в промышленном масштабе еще не осуществлена, хотя в литературе есть указания на то, что в восстановительной атмосфере печи удается вести реакцию в сторону получения CaS с коэффициентом извлечения до 70%.

Использование ангидрита с целью получения окиси кальция и серы в условиях Алексеевского месторождения при дешевой стоимости сырья и топлива нам кажется вполне целесообразным, так как при коэффициенте извлечения для серы даже в 60% из ангидрита можно получить 12% серы, т. е. бо́льшее количество, чем из серной руды.

В виду того, что указанный процесс очень мало освещен в научном отношении, необходимо в ближайшем времени поставить научно-исследовательские работы с целью нахождения оптимальных условий разложения ангидрита для получения максимального коэффициента извлечения серы.

Мы не будем останавливаться на возможности использования гипса и ангидрита для получения алебастра или ангидрито-цементов, а также на получение различных изделий из ангидрита, так как это будет иметь только небольшое значение в крупном комбинате.

(Заседание закрывается)

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

ЗАСЕДАНИЕ 28 НОЯБРЯ 1933 ГОДА

Председательствует акад. И. М. Губкин.

Председатель. Слово предоставляется акад. Н. С. Курнакову для доклада на тему «Современное положение вопроса о физико-химическом изучении соленосных районов Волго-Каспия».

(Доклад акад. Н. С. Курнакова не был представлен автором в письменном виде и потому здесь не печатается)

Председатель. Слово предоставляется М. А. Бендецкому для доклада на тему «Проблема химического использования солей оз. Эльтон».

М. А. БЕНДЕЦКИЙ

ПРОБЛЕМА ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛЕЙ ОЗЕРА ЭЛЬТОН

§ 1. **История исследования оз. Эльтон.** Озеро Эльтон — одно из крупнейших соляных озер нашего Союза — в течение ряда столетий служило главным источником добычи поваренной соли для юго-востока России; для примера можно указать, что только за период времени с 1747 по 1882 гг., по которому имеются сведения, из него извлечено свыше 9 млн. т соли. Большая хозяйственная роль Эльтона в жизни края и служила главным стимулом к его исследованию — его посещают академики Лепехин (1769 г.), Паллас (1773 г.); состав рапы изучают Эрдман (1815 г.), Г. Розе (1829 г.), Гебель (1834 г.), Федченко (1863 г.) и др.

Но когда в конце прошлого века центр соледобычи перешел на соседнее оз. Баскунчак, исследования Эльтона почти прекратились, а появившиеся с начала второго десятилетия текущего века небольшие работы вращались, главным образом, вокруг вопросов, связанных с грязелечением, и касались состава эльтонской грязи, ее физических свойств (в частности радиоактивности) и т. д. Это объясняется тем, что с 1912 г. на озере функционирует грязелечебница, которая является пока единственным учреждением, использующим (правда в очень незначительной степени) природные богатства этого гигантского соляного водоема.

Начало систематическому и всестороннему изучению Эльтона положено акад. Н. С. Курнаковым. По его предложению сотрудник Волжской биологической станции в Саратове В. П. Радищев провел

ряд анализов эльтонской рапы в течение 1927—1929 гг., анализы вод речек, впадающих в Эльтон, вымораживание и изотермическое испарение эльтонской рапы и сравнил полученные результаты с диаграммой равновесной системы $2NaCl + MgSO_4 \rightleftarrows Na_2SO_4 + MgCl_2$, разработанной Н. С. Курнаковым и С. Ф. Жемчужным.

В 1930 г. акад. Н. С. Курнаков, руководя химической экспедицией для обследования соляных озер Нижней Волги, посетил Эльтон и выявил значение этого озера как громадного источника магнезиальных солей и брома. Эта установка определила характер дальнейшего изучения Эльтона. С 1931 г. на Эльтоне ежегодно работает в летний период отряд физико-химической соляной экспедиции Института физико-химического анализа (ИФХА) при участии Б. Л. Ронкина (ум. в 1932 г.) и М. А. Клочко. С 1932 г. приступила к систематическому исследованию Эльтона созданная по инициативе соляного отдела ИФХА Саратовская соляная станция и организовала на озере наблюдательный пункт. В 1932 г. на озере впервые было произведено бурение на глубину до 40 м и устроены 3 опытных бассейна, над которыми в 1933 г. произведены первые наблюдения. В результате совместных усилий работников Химической ассоциации АН и саратовских химиков мы на сегодня имеем достаточное количество научно-проверенных данных, необходимых для проектирования и постройки на Эльтоне крупного завода хлористого магния и брома.

§ 2. Запасы солей в озере Эльтон. Первый ориентировочный подсчет наличия хлористого магния в рапе Эльтона произвел акад. Н. С. Курнаков. Он исходил из анализа рапы от 15 VII 1929 г. с содержанием $MgCl_2$ свыше 30% и с удельным весом 1.3. Путем несложной выкладки, принимая среднюю глубину рапы в 25 см на площади в 100 км², он пришел к цифре в 10 млн. т безводного хлористого магния. О величине этой цифры можно судить путем следующих сравнений: она в 6 раз превышает общий запас этой соли во всех Перекопских озерах (в Крыму), взятых вместе, и в тысячу раз превышает фактическое производство этой соли в Союзе в 1932 г.

Что касается брома, то, принимая его содержание в рапе уд. веса 1.3 равным 0.1% и исходя из вышеприведенных цифр для глубины и площади озера, получаем общий запас брома равным:

$$100 \cdot 10^6 \cdot 0.25 \cdot 1.3 \cdot 0.1 \cdot 10^{-2} = 32500 \text{ т.}$$

Эта цифра в 150 раз превышает фактическую выработку этого продукта в Союзе в 1932 г.

Более точные данные о запасах Эльтона пока отсутствуют, но в первом приближении приведенные цифры подтвердились дальнейшими работами.

Так, если подсчитать содержание $MgCl_2$ и Br по данным анализа от 15 VIII (табл. 4) и принять среднюю глубину озера (на основании ориентировочных замеров), равной 45 см на площади, равной $^3/_4$ общей площади озера, то получим общий объем рапы:

$(0.75 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 0.45) = 67.5 \cdot 10^6$ м³, вес этой рапы равен $(67.5 \cdot 10^6 \cdot 1.24) = 83.7 \cdot 10^6$ т. Содержание в рапе $MgCl_2 = (83.7 \cdot 10^6 . 9.79 \cdot$

$\cdot 10^{-2}) = 8.17 \cdot 10^6$ т. Содержание в рапе $MgSO_4 (83.7 \cdot 10^6 \cdot 3.41 \cdot 10^{-2}) = 2.85 \cdot 10^6$ т. Таким образом суммарное содержание магнезиальных солей в озере превышает 10 млн. т. Содержание брома: $(83.7 \cdot 10^6 \cdot 0.024.10^{-2}) \simeq 20\,000$ м.

Подсчитаем еще запасы поваренной соли. Произведенное в 1932 г. бурение показало следующую последовательность слоев:

60 см рапы	Дальше 40 м глубины — глина + соль со включением кристаллов гипса.
5 см соли	
5 см глины	
10 см соли	
200 см глина + соль . . .	
50 см соли	

По нашим анализам в рапе 1932 г., соответствующей времени бурения, было 23% поваренной соли. Столб рапы в 60 см при испарении дал бы слой соли высотой в $(0.60 \cdot 23 \cdot 10^{-2} \cdot 0.5) = 0.7$ м (0.5 — величина обратная удельному весу $NaCl = 2$).

Бурением обнаружены под рапой пласты соли общей толщиной в $(0.05 + 0.10 + 0.50) = 0.65$ м, а всего с солью, растворенной в рапе, 0.72 м, или 1.44 т на 1 м² площади озера. На площади в 150 км² это даст 216 млн. т NaCl. Выходит, что те 9 млн. т поваренной соли, которые были извлечены из озера почти за полтораста лет, составляют всего около 4% его «видимых» запасов на сегодня.

Запасы, о которых до сих пор шла речь и которые могут быть условно названы «статическими» еще не дают полного представления о возможностях длительной эксплоатации озера. Бассейн Эльтона охватывает площадь, превышающую 2000 км² (см. карту) с годовым количеством осадков около 300 мм.

Принимая коэффициент стока равным $^1/_3$, получаем массу воды, притекающую ежегодно в Эльтон, равную $(2000 \cdot 10^6 \cdot {}^1/_3 \cdot 0.3) = 200 \cdot 10^6$ м³. А так как площадь озера равна 200 км², то получается в результате стока вод в озеро слой высотой в 1 м. То обстоятельство, что разность между уровнями Эльтона весной и к концу лета доходит до 1 м, подтверждает правильность подсчетов количества воды, стекающего в озеро. Само собою разумеется, что эти 200 млн. м³ воды по пути в озеро выщелачивают соли из почвы и приносят эти соли в озеро.

Почти вся притекающая вода успевает испариться в течение летних месяцев, соли в озере остаются, и количество их с каждым годом увеличивается. Главными путями стока вод в Эльтон служат пять речек: Хара-Заха, Чернавка, Большая Смарагда, Малая Смарагда и Ланцуг, из них первая, длиной в 40 км, является самой значительной и по своему дебиту превосходит, повидимому, все остальные речки, вместе взятые. В литературе нет данных по дебиту этих речек, имеются только указания, что Гебель принимал количество солей, ежегодно привносимых р. Хара-Заха в Эльтон, равным 20 млн. т, а Федченко — 2 млн. т.

Мы определили в середине августа 1933 г. дебит пяти речек: для двух (Б. и М. Смарагды) замерялось количество воды, протекаю-

щее в минуту на местах небольших водопадов, а для трех остальных измерялась скорость течения, беря поправочный коэффициент = $^4/_5$ и определяя площадь поперечного сечения реки в месте замера скорости течения. В этих же местах были отобраны пробы воды, которые затем были проанализированы. Приведем данные для р. Хара-Заха и для р. Чернавки. Первая, как сказано выше, является самой многоводной, вторая, самая маленькая из пяти названных выше речек, представляет интерес как единственный из притоков Эльтона, в котором обнаружен бром в определимых количествах.

Таблица 1

Дебит рр. Хара-Заха и Чернавка

Название речки	Дата замеров	Поперечное сечение	Скорость течения в м/мин. (умн. на $^4/_5$)	Колич. воды в м³, протекающее через данное сечение		% всех солей	% солей магния	% солей брома	Общ. колич. солей в тоннах, привнос. в озеро		Колич. солей магния в тоннах, привнос. в озеро		Колич. брома, привнос. в озеро в тоннах	
				В минуту	В сутки				В сутки	В год	В сутки	В год	В сутки	В год
Хара-Заха	11 VII	0.96 м²	22	21.1	30400	1.17	0.359	—	355	130000	109	39800	—	—
Чернавка	11 VII	0.13 м²	12	1.56	2250	2.63	0.62	0.002	59	21500	14	5100	0.045	14.6

В августе речки имеют низкий уровень воды, и их дневной дебит меньше 1/365 среднегодового; то же, повидимому, можно сказать и о количестве солей, выщелачиваемых из почвы. Поэтому, принимая количество солей, привносимых в озеро 11 августа, за среднесуточное и умножая это число на 365, мы получаем преуменьшенные цифры для среднегодового. Но и это количество — 40 тыс. т солей магния, привносимых в год одной речкой, в 4 раза превосходит годичное производство (1931 г.) хлористого магния в Союзе. Хуже обстоит дело с пополнением озера бромом. Как уже было указано, из речек, питающих Эльтон, бром обнаружен в одной Чернавке и то в столь незначительных количествах (приносит в год около 15 т в озеро), что пока приходится ориентироваться только на наличные запасы этого вещества в озере.

Река Чернавка по составу своей воды представляет большой интерес, так как, помимо наличия брома, она содержит мало сернокислых солей, и коэффициент метаморфизации, т. е. отношение количества сернокислого магния к количеству хлористого магния равно нулю. Ее воды представляют собой рассол II класса (по терминологии акад. Н. С. Курнакова), а это указывает на то, что источником питания ее служат какие-то глубинные отложения или, во всяком случае, сильно метаморфизованные морские отложения.

Таблица 2

Название	Хара-Заха	Чернавка
Место отбора пробы	Выше моста (4 км от устья)	У брода (2 км от устья)
Дата	11 VIII 1933	11 VIII 1933
Плотность по Боме	1.5°	3°
t° C	17°	20°
Уд. вес $d\ \frac{25}{25}$	1.0098	1.021
Сухой остаток	1.200	2.73
Ионы в %		
Ca	0.092	0.099
Mg	0.088	0.157
SO_4	0.274	0.055
Cl	0.520	1.64
(Na) (вычисл.)	0.197	0.679
Соли в %		
$CaSO_4$	0.312	0.078
$CaCl_2$	—	0.211
$MgSO_4$	0.068	—
$MgCl_2$	0.291	0.615
$NaBr_2$	—	0.0023
(NaCl)	0.500	1.726
Сумма солей (в %)	1.171	2.632

К числу ценных веществ, находящихся на Эльтоне, надо отнести и грязь. Запасы ее практически неисчерпаемы и все возрастают. Процесс ее образования можно проследить в устьях и дельтах речек, где она занимает площадь в несколько квадратных километров. Кроме ценного лечебного средства, которое используется на Эльтоне пока в самой незначительной степени, грязь является также лучшим строительным материалом для заполнения промежутков между станками бассейнов и для утрамбовки их дна. С теоретической стороны грязи крайне интересны как пример своеобразного поглощающего комплекса; именно этим ее свойством объясняется изменение состава соприкасающейся с ней рапы и, в первую очередь, — изменение содержания брома и калия.

§ 3. **Возможности технической эксплоатации. Положение** акад. Н. С. Курнакова об использовании рапы Эльтона для получения магнезиальных солей и брома было проработано в различных научных организациях, совещаниях и плановых органах и получило всеобщее признание. Дело в том, что Баскунчак по разведкам, произведенным после революции, оказался обладателем неисчерпаемых залежей поваренной соли, запасы которой в состоянии обеспечить потребности всего Союза на много столетий. Источников же магнезиальных солей в Европейской части Союза немного, и после Соликамска Эльтон является наиболее значительным среди них, имея преимущества легкости получения концентрированных магнезиальных растворов, используя даровой солнечный нагрев.

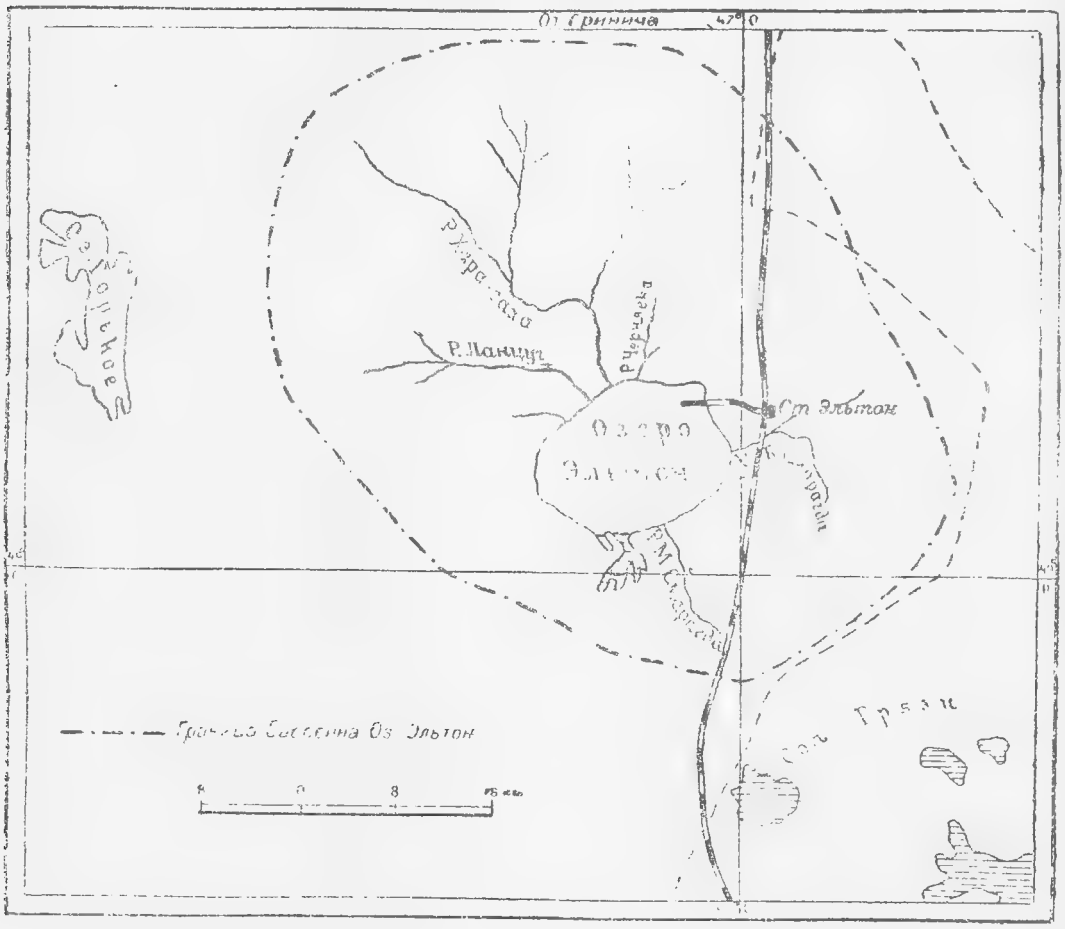
Применение хлористого магния довольно разнообразно, и он является у нас пока дефицитным, причем важно отметить, что разные потребители предъявляют к этому продукту различные требования. Для получения металлического магния нужен чистый хлористый магний, по возможности меньшей водности (так как он перед электролизом вовсе обезвоживается) и без примеси сульфатов. Для получения так наз. цементов Сореля, которые с наполнителями из древесных отбросов (стружки, опилки, отдубина) дают ценные строительные материалы — фабролит и ксилолит — нужны концентрированные растворы хлор-магния, так наз. «щелока», которые могут быть получены в условиях Эльтона в бассейнах, используя при испарении сухость воздуха и солнечный нагрев. При этом важно отметить, что, как показали исследования В. А. Агеевой, проведенные в Лаборатории общей химии АН, наличие сернокислого магния в хлористых щелоках нисколько не отражается на качестве цементов. Необходимая для этих цементов, кроме хлорида, еще окись магния может быть получена гидролизом хлор-магния (действием водяного пара при высокой температуре), а получающийся при этом хлороводород может быть использован на костеобрабатывающих заводах или в других производствах (в виде водного раствора — соляной кислоты). Хлор-матний идет, кроме того, на производстве жерновов; приобрел он значение и для экспорта.

Значение брома в фармацевтической и в фото-кинопромышленности общеизвестно, и поскольку обе эти отрасли химической индустрии получили у нас в последние годы большой размах, бром стал остродефицитным продуктом.

Размеры проектируемого производства обусловливаются целым комплексом народно-хозяйственных соображений; можно только отметить, что ежегодное извлечение из Эльтона ста тысяч тонн обезвоженного хлор-магния и 400 т брома (что составляет около 1—2% от запасов соответствующих веществ в озере) нисколько не отразилось бы на его солевом балансе и на взаимном соотношении солей в растворе, особенно если учесть и так наз. «динамические» запасы: мы видели выше, что только одна речка Хара-Заха доставляет в озеро не менее 40 тыс. т магнезиальных солей ежегодно.

Для получения солей из морской воды или рапы озер применяется так наз. «бассейновый способ», который заключается в пропускании

рапы через ряд водоемов (большей частью мелких), в каждом из которых происходит сгущение рапы и в некоторых из них достигается выпадение какой-либо соли и смеси солей. Иногда для выпадения соли используется уменьшение растворимости с температурой (вымораживание). Метод бассейнизации основан на следующих положениях.



Фиг. 1.

1) При изотермическом испарении равновесного раствора солей последние выпадают из раствора в определенной (для каждой данной температуры) последовательности, вытекающей из них совместной растворимости при данной температуре. Для растворов солей морского происхождения эта последняя выяснена работами Узильо, ван'т Гоффа и Н. С. Курнакова.

Так как скорость испарения раствора зависит, при прочих равных условиях, от величины испаряющей поверхности (так наз. зеркала водоема), то чем менее глубок бассейн, тем скорее происходит сгущение рассола.

Помимо более быстрого, по сравнению с более глубокими водоемами, сгущения рапы, в бассейнах достигается еще следующее:

а) получение слоя более или менее чистой соли удалением рапы из данного бассейна после садки главной массы той или иной соли;

б) предохранение от разбавления рапы в бассейне вешними грунтовыми и другими водами, для чего бассейны часто окапываются канавой; для этой же цели дно бассейна устилается водонепроницаемым слоем;

в) благодаря предварительной подготовке дна бассейна (утрамбовка, покрывание водорослями), получается чистый, легко отделяемый слой осевшей соли;

г) удаление незначительных загрязняющих примесей (гипса, углекислого кальция, солей железа и т. д.) в особых бассейнах, куда рапа переводится только на время садки этих нежелательных для данного производства солей.

Бассейны для получения поваренной соли применялись еще в незапамятные времена — имеется, например, свидетельство об этом в книге Агриколы «О металлах» (1531 г.).

В середине прошлого столетия по этому способу на соляных промыслах Франции получали из морской воды кроме NaCl еще калийные соли. У нас бассейны были применены в 80-х годах прошлого столетия на Баталпашинских озерах для получения глауберовой соли, а примерно около 1910 г. существовали бассейны на Сакских и Чонгарских промыслах (в Крыму), где, кроме NaCl, получали глауберову соль. Сакский промысел был расширен во время войны и на нем используются теперь почти все соли морской воды, в том числе хлористый магний и бром (так как Сакское озеро питается через канал морской водой).

Климатические условия Эльтона благоприятны для получения магнезиальных солей и брома методом бассейнизации. Концентрация рапы в озере почти никогда не падает ниже 25° Bé и в течение столетия отмечены только один-два года без садки NaCl. Более того, иногда оно на короткое время пересыхает нацело, как это мы наблюдали в июле 1931 г. По озеру можно было ехать на верблюде; вся его поверхность была покрыта ослепительно-белым слоем поваренной соли, поверх которой лежал причудливый узор из кристаллов магнезиальных солей. Но даже в условиях относительно влажного лета 1933 г. сгущение рапы в бассейне в течение одного месяца с 26.5° Bé дошло до 30.8°.

Из построенных летом 1932 г. на Эльтоне трех опытных бассейнов более или менее замкнутым оказался только один; на нем и были поставлены наблюдения по сгущению рапы и отбирались пробы (табл. 3).

Кроме того, был построен в 1933 г. маленький бассейн, на котором замерялось понижение уровня.

Табл. 3 показывает, что в то время как крепость рапы в озере увеличилась с 15 VII по 15 VIII на 1.2° Bé, в бассейне это увеличение равно 4.3° Bé. Но еще более значительны изменения состава рапы за этот месяц. К началу его плотность и химический состав озера и бассейна были одинаковы, и эти данные крайне мало отличались от соответственных чисел, приведенных в табл. 4 анализа озера. К концу же месяца процент сернокислого магния в рапе бассейна увеличился почти вдвое, процент $MgCl_2$ — на 50%, то же про-

Таблица 3

Ход испарения в бассейнах и в озере в августе 1933 г.

	Озеро		Бассейн		Уровень рапы (см) в малом бассейне, принимая уровень 15 VII за нуль
	Bé°	t°	Bé°	t°	
15 VII	26.2	27.0	26.5	28.0	0
31 VII	26.0	28.5	28.0	25.5	— 1.5
15 VIII	27.4	26.0	30.8	23.5	— 5.5

Таблица 4

Анализ рапы озера и бассейна от 15 VIII 1933 г.

(в %)

	Озеро	Бассейн
Ионы		
Mg	3.18	5.13
Ca	0.041	0.057
K	0.12	0.23
(Na)	5.39	2.88
SO_4	2.85	5.34
Cl	15.71	15.75
Br	0.025	0.039
Сухой остаток	27.11	29.33
Уд. вес $d\ \frac{25}{25}$	1.2401	1.2745
Соли		
$CaSO_4$	0.14	0.19
$MgSO_4$	3.41	6.52
$MgCl_2$	9.79	14.92
$MgBr_2$	0.029	0.045
KCl	0.21	0.41
(NaCl)	13.70	7.31
Сумма солей	27.27	29.40

изошло и с бромом и это, повторяю, в условиях большого количества осадков, когда слой рапы понизился за месяц всего лишь на 5.5 см вместо обычных 12—15 см.

Анализируя климатологические данные по Эльтону, можно притти к очень благоприятному заключению о возможностях производства магнезиальных солей, при использовании в максимальной степени естественных факторов — солнечный нагрев и сухость воздуха. Что касается испарительной способности, то она близка к таковой Карабугаза и превосходит сакскую, составляя в среднем (за вычетом слоя осадков, падающих непосредственно на зеркало) свыше 1 м рапы в год. Весь вопрос в отиосительной сухости воздуха. Средняя относительная влажность воздуха в час дня на Эльтоне (по данным за 1916 г. и за период 1923—1931 гг.) составляет:

месяц	V			VI			VII			VIII		
часы	7	13	21	7	13	24	7	13	21	7	13	24
ср. относительная влажность . . .	37	33	52	55	36	51	59	38	54	59	36	50

Минимумы относительной влажности в час дня (за тот же промежуток времени и для тех же месяцев) колеблются между 28 и 10.

Измерения Е. Я. Роде дают следующие величины упругости пара (в мм ртутного столба) для насыщенных растворов солей при 25°.

$MgCl_2 . 6H_2O$	7.77
$MgCl_2 . 6H_2O + NaCl$	7.67

Упругость водяного пара в 8.3 мм соответствует относительной влажности в 35% (при 25° С), т. е. величина, очень близкая к средней относительной влажности в час дня в течение теплого периода (май-август) на Эльтоне. Следовательно, мы очень близко подходим к эвтонике (конечной точке высыхания раствора) системы

$$2NaCl + MgSO_4 \rightleftarrows MgCl_2 + Na_2SO_4,$$

и во всяком случае имеется полная возможность к получению на Эльтоне в бассейнах рапы крепостью свыше 33° Б, содержащей не больше 3% NaCl, около 30% магнезиальных солей и 0.1% брома и вполне пригодной как для получения из нее брома (содержит 1.3 кг брома на 1 м³ рапы), так и $MgCl_2 . 6H_2O$.

В мою задачу не входит описание хода технологического процесса и возможных схем его проведения. Пути использования рапы Эльтона зависят также от целого ряда причин экономического порядка, которые в конечном итоге определяют требования на продукты определенного качества, предназначенные для той или иной цели. Так, выдвигаются в самое последнее время пути получения одного только брома, затем можно использовать бром и хлор-магний, причем одни требования к последнему продукту будут в том случае, если он идет на производство цементов Сореля (допустимость и даже желательность наличия сульфата магния, достаточная крепость в 30° Bé), другие — если он идет на электролиз (возможно более полное удаление сульфатов,

меньшая водность). Можно, наконец, использовать и NaCl и наладить даже переработку так наз. сельмикст ($NaCl + MgSO_4$) (в случае разработки удовлетворительной технологической схемы).

Следует только отметить благоприятное влияние предварительного вымораживания рапы на уменьшение содержания в ней ионов SO_4 и Na. Это положение, вытекающее из сравнения диаграмм для системы $2NaCl + MgSO_4$ при 25° и при 0°, изученных Н. С. Курнаковым и С. Ф. Жемчужным, было подтверждено опытами В. П. Радищева и нашими по вымораживанию эльтонской рапы.

§ 4. Задачи дальнейшего исследования Эльтона. Данные, имеющиеся на сегодня, позволяют утверждать о возможности эксплоатации Эльтона на бром и магнезиальные соли в указанных выше пределах. Но спрос на эти продукты значительно превышает предположенную ежегодную добычу их на Эльтоне. Отсюда вытекает необходимость увеличения первоначально запроектированной производительности, что связано с уточнением данных о солевых запасах озера. Для этого нужно определить более точно дебит рек, глубину озера в разных пунктах и произвести анализы соответствующих проб. Затем нужно поставить бурение в нескольких точках на озере и по берегам. Для суждения о ходе естественного испарения нужно продолжать систематическое исследование цикла озера и его речек; наблюдать за изменением рапы в бассейнах, производя опытные наливы их на различную глубину. Надо построить небольшую опытную установку для получения брома и хлор-магния.

Так как лучшим водонепроницаемым материалом для постройки бассейнов является озерный ил (грязь), то следует изучить так наз. поглощающий комплекс его, ибо в литературе есть указание на поглощение брома (и калия) илами. В связи с последним вопросом стоят проблемы огромной теоретической и народно-хозяйственной значимости — засоление и рассоление почв. Эльтон посредством системы речек и балок связан с огромной площадью в 2000 км², на которой происходит процесс вымывания солей. Детальное изучение процесса соленакопления в озере, а также состава воды речек играло бы не последнюю роль в понимании процесса рассоления (и засоления) Прикаспийской равнины. Идея комплексного изучения этих процессов на базе приэльтонского района силами геологов-почвенников, химиков и биологов зародилась в недрах соответствующих научных учреждений АН и находит себе горячих сторонников среди молодых ученых этих институтов.

Но только организация промышленного предприятия, только постройка крупного завода на Эльтоне сильно двинет вперед дело изучения озера и района. Появится культурный центр, возможно будет поставить непрерывные наблюдения на озере, бассейнах, речках и обработку на месте результатов этих наблюдений; стимулом к этим исследованиям послужат нужды самого завода, и в то же время результаты их смогут быть использованы для теоретических выводов (в частности по вопросам о миграции солей в почве), которые в свою очередь найдут применение при решении народно-хозяйственных

задач, несравненно более крупного масштаба (ирригация Заволжья). Эльтон, благодаря наличию на нем курорта и лаборатории, уже приобрел значение опорной точки для различного рода исследований, производимых экспедициями АН (почвенными, химическими, геоботаническими). Постройка же на озере завода, с его потребностями в научно-исследовательской работе и наличием культурных кадров, превратит Эльтон в мощный опорный пункт АН по всестороннему исследованию Заволжья.

Председатель. Слово для доклада принадлежит В. И. Николаеву

В. И. НИКОЛАЕВ

ФИЗИКОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕР ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Хотя наше знакомство со «страной озер» (выражение Гаркема) еще далеко нельзя считать законченным, — все же, благодаря академическим соляным экспедициям, начиная с 1930 г., мы успели уже многое узнать об озерах, расположенных вокруг дельты Волги, к северу, западу и востоку (по правую и левую сторону Волги).

Озер и солончаков, действительно, здесь очень много, не менее тысячи, во всяком случае.

На севере и северо-востоке дельты Волги они разбросаны на небольших расстояниях друг от друга (1—5 км), среди песков и песчаных холмов, продвижение среди которых возможно лишь верхом на лошадях или верблюдах.

Озера к западу от Астрахани, по правую сторону Волги, на территории б. Астраханской губ. и Калмыцкой автономной области, расположены также весьма близко друг от друга среди ровных степей, переплетаясь с ильменями, частично отшнуровавшимися от Волги.

Размеры озер Дельты Волги обычно невелики (от 2—3 га до 60 га), лишь отдельные озера, как Цаган-хак, Долена-хак и др. (к югу от г. Элисты, столицы Калмобласти) достигают размеров в несколько сот га.

Весьма интересно отметить, что расположение всех изученных нами (до 150) озер однообразно: они оказываются вытянутыми (иногда очень значительно) в направлении запад-восток.

Особенно это заметно на оз. Большой Бешкуль, которое при небольшом поперечнике вытянуто в длину на 10 км.

Почвы вокруг всех озер все еще остаются значительно засоленными, хотя, вследствие многократных выщелачиваний солей и стекания рассолов в естественные низины — ложа современных и прежних, высохших озер, — засоленность почв сильно уменьшена.

На глубине нескольких метров циркулируют солоноватые воды. Так, анализ питьевой (для скота) воды из одного из худуков (колодцев)[1]

[1] К востоку от ст. Сероглазовка, около одного из группы озер.

указывает на относительно большие количества выщелоченных из почвы хлористого натрия и сернокислого магния (в %):

$Ca(HCO_3)_2 = 0.037$	Аналитик С. П. Швецова
$CaSO_4 = 0.007$	
$MgSO_4 = 0.152$	
$MgCl_2 = 0.058$	
$KCl = 0.086$	
$NaCl = 0.323$	
$S = 0.66$	
Сухой остаток $= 0.619$	

Подобный состав обнаруживается и в ильменях, разобщенных от Волги. Так, большой ильмень «Синий» на север от с. Кордувана имел в 1933 г. следующий состав воды (в %):

$Ca(HCO_3)_2 = 0.029$
$CaSO_4 = 0.034$
$MgSO_4 = 0.090$
$KCl = 0.004$
$NaCl = 0.187$

$S = 0.344$
Сухой остаток $= 0.349$

А Ильмень Б. Голбыский имел такой состав (в %):

$Ca(HCO_3)_2 = 0.009$
$CaSO_4 = 0.016$
$MgSO_4 = 0.009$
$MgCl_2 = 0.008$
$KCl = 0.003$
$NaCl = 0.015$

$S = 0.060$

Направление лучей, идущих от точки воды на диаграмме Н. С. Курнакова и С. Ф. Жемчужного, указывает, что в состоянии насыщения один из них соответствует озеру, кристаллизующему NaCl, а другие — горьким озерам, кристаллизующим эпсомит или астраханит.

Еще Гаркема указал в своей книге[1] на примеры двух озер Томанчи и Мингентаево (в Киргизской степи), бывших в 1867 г. ильменями, на которых киргизы ловили рыбу; в 1882 г. — это были уже озера, садившие соль, которую киргизы употребляли в пищу. На такое же происхождение озер указывает и И. Мушкетов. См. Труды Геол. ком., т. 14.

Условия питания озер: направление и величина токов подпочвенных вод и глубина глинистых иловых отложений для различных озер, иногда находящихся в непосредственной близости друг к другу, весьма разнообразны.

[1] В. Гаркема. Очерк месторождений соли и добычи ее в Астраханской губернии, 1890 г.

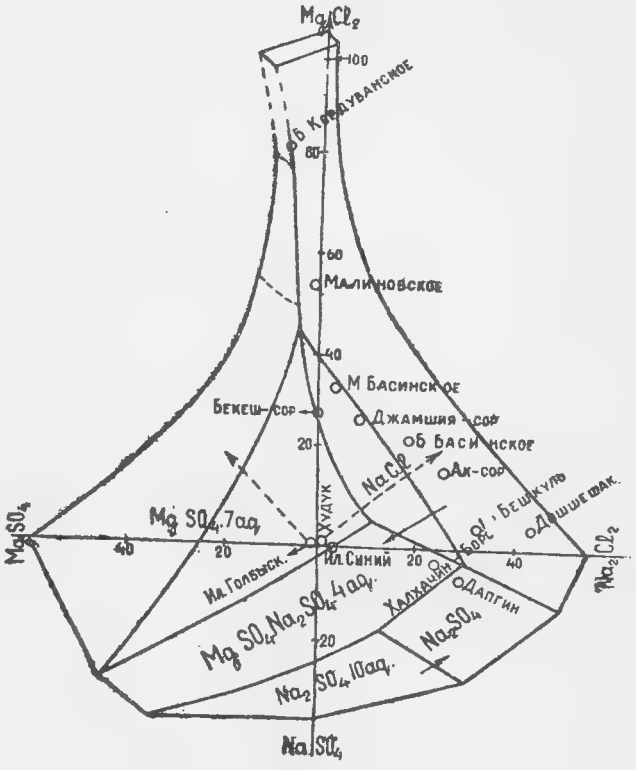
Так, среди Байкуцукских озер нынешним летом и в один и тот же день были обнаружены рассолы крепостью в 25° Bé и 19° Bé. На оз. Курочкинском рассол имел 10° Bé, а на Джуруковском 26.2° Bé и т. д.

В большинстве озер дельты Волги мы находим черную глинистую грязь, иногда в виде мощных слоев, как, например, на озерах Кашкашинских (четвертое и пятое) и др.

Известковых илов (с известняками), можно сказать, мы здесь не находим. В илу, например, озера Далхур, анализ обнаружил лишь 2% углекислой извести.

Встречается иногда серая пластическая глина и даже просто серый песок на дне легко усыхающих озер.

При наших поездках по озерам дельты Волги мы обнаружили различные типы озер, напр., озера корневые, иногда с мощным солевым корнем — таково большинство озер на севере дельты Волги и на юго-западе (озера Басинские, Малиновские); 2) озера полукорневые — с небольшим солевым корнем, растворяющимся в весеннее и осеннее время; напр. озера Бешкуль; 3) озера безкорневые, не имеющие солевого корня даже в летние месяцы, хотя концентрация рассолов в жаркие дни доходит до начала садки поваренной соли; 4) наконец, озера «сухие» с высохшей или только на поверхности рапой или окончательно высохшие и обычно занесенные песком (подпесочные озера).



Фиг. 1.

Характер этих озер несомненно стоит в связи с условиями подпочвенного питания и с характером иловых отложений, препятствующих или благоприятствующих просачиванию рассолов на глубину и вместе с этим способствующих, или нет, образованию солевого корня.

Почти все озера дельты Волги содержат рассолы I класса, причем в некоторых обнаруживается весьма повышенное содержание сернокислого магния; коэффициент метаморфизации доходит не только до единицы, но даже и до нескольких единиц, причем интересно отметить, что отношение $\frac{MgSO_4}{MgCl_2}$ даже для одного и того же озера может резко изменяться с течением времени. Так, для оз. Малого Кордуванского прослежены такие колебания коэффициента метаморфизации:

Исследователи	$\frac{MgSO_4}{MgCl_2}$
Гебель (1834 г.)	0.32
Федченко (1863 г.)	2.28
Ронкин (1930 г.)	0.56
Павлов (Николаев, 1931 г.)	0.41

Однако существуют озера и с рассолами II класса. Так, большое оз. Цаган-хак уже не содержит сернокислого магния, и в нем обнаруживаются следы хлористого кальция.

К озерам II класса надо отнести и озера Малое Красное и оз. Шалабайсор.

Большинство корневых озер дельты Волги содержит в корню (обычно в илу под слоем поваренной соли и эпсомита) отложения минерала астраханита в виде твердых пластинок, окрашенных от слабодымчатого до густо-черного цвета. Рассолы всех изученных с физико-химической стороны озер обнаруживают лишь сотые доли процента ионов калия и брома: черные илы поглотили почти целиком эти ионы.

На астраханских озерах имелась возможность продолжить наше изучение метастабильных равновесий озерных рассолов, влияние на которые оказывают и донные илы озер.

На астраханских озерах мы наблюдали в общем такую же картину метастабильных состояний рассолов, те же пути кристаллизации солей, что и на Крымских озерах.

Ни астраханита, ни каинита поверхностные рассолы озер, лежащие над новосадками солей, обычно не образуют при испарении.

Происходит это потому, что пути кристаллизации, исходящие из полюса кристаллизации NaCl и проходящие через точку начала садки поваренной соли в данном озере, идут затем в верхней части стабильного астраханитового поля диаграммы Н. С. Курнакова и С. Ф. Жемчужного. Этот верхний участок делится линией совместной кристаллизации NaCl + эпсомит на два лабильных поля: поле кристаллизации NaCl и поле кристаллизации $MgSO_4 \cdot 7aq$.

Эта линия и является линией кристаллизации природной смеси солей, известной под названием Sel mixte.

Однако астраханит в астраханских озерах мы находим. Кристаллизация этого минерала в природе все же имеет место, но, как сначала было выяснено теоретически,[1] а потом подтверждено нахождением в природе соответствующих рассолов, осуществляется в нижней части стабильного астраханитового поля Н. С. Курнакова и С. Ф. Жемчужного.

Рассолы, кристаллизующие астраханит, не должны содержать значительных количеств хлористого магния. Такие рассолы образуются в илах и над илами путем растворения поступающими в озеро подпочвенными водами корневых отложений поваренной соли и эпсомита.

[1] См. В. И. Николаев и др. К вопросу о происхождении и составе астраханита. Журн. прикл. химии, т. V, № 6—7, 1932.

Такого происхождения, повидимому, был и рассол астраханитового оз. Халхачин-боро, обнаруженный летом 1933 г.

Анализы рассолов показывают, что в некоторых озерах в летнее время могут создаваться условия для кристаллизации тенардита, точнее лабильной глауберовой соли в поле тенардита, медленно превращающейся в тенардит.

Гаркема впервые указал на Шашинские озера, содержащие пласт тенардита толщиной в 6 вершков.

Вероятно, имеются и другие подпесочные озера, содержащие этот минерал.

Запасы поваренной соли в озерах дельты Волги, если их рассматривать в целом, как вместе взятые, весьма значительны, во всяком случае вполне достаточные, чтобы удовлетворить нужды Волжской рыбной промышленности.

Многие озера дельты Волги уже разрабатывались на соль в дореволюционное время.

По статистическим данным инж. Гаркема за промежуток времени 1881—1889 гг. при частичной эксплоатации озер (около 90, не считая Баскунчака и Эльтона) было взято около 50 млн. пуд., причем с одного Большого Басинского озера — около 8 млн. пуд.

В настоящее время волжская рыбная промышленность снабжается солью, привозимой с Баскунчака. Принимая во внимание загруженность железнодорожного и водного транспорта в наши дни и близость источников соли (как, напр., озер Басинских) к рыбным промыслам (Икряное, Могуты и др.), становится необходимым использовать эти источники соли, которые могут дать соль в любой момент, и она обойдется, нужно думать, дешевле, чем соль баскунчакская.

Считаю необходимым также обратить внимание на весенние рассолы некоторых изученных нами озер: Бекеш-сор, Дошшешак и др., которые в мае месяце содержат до 24% хлористого натрия, т. е. насыщенный раствор почти одной поваренной соли.

Такие рассолы, слитые в бассейны и испаренные на жарком астраханском солнце, могут дать поваренную соль высокого качества. С одного оз. Бекеш-сор, по нашим расчетам,[1] мы могли бы получить около 100 тыс. т такой соли.

Другая соль (двойная) — астраханит — залегает во многих озерах как левого, так и правого берега Волги. В весеннее время он чист, так как включения NaCl в это время легко растворяются, сам же астраханит, по нашим наблюдениям, с трудом переходит в рассол, уже насыщенный поваренной солью, лежащей на поверхности озер.

В одном вышеупомянутом оз. Бекеш-сор, по нашим вычислениям, в корню находится до 66 тыс. т астраханита, который может перерабатываться на глауберову соль и эпсомит.

А так как во многих случаях мы имеем ряд озер, содержащих кроме поваренной соли и астраханит и расположенных вблизи друг

[1] В. Николаев и Б. Степанов. К характеристике вновь открытых озер... Журн. прикл. химии, т. VI, № 3, 1933.

друга, то одновременная добыча поваренной соли и астраханита может представить большой местный интерес.

Таким образом, здесь выдвигается идея комплексного использования солевых богатств Нижневолжского края, которые природа хотя разбросала в виде отдельных точек, но расположила их вблизи друг от друга.

В сферу использования соляных богатств озер дельты Волги должны быть включены и иловые отложения (грязи).

Во многих озерах, особенно расположенных на территории Калмыцкой автономной области и б. Астраханской губ., мы находим мощные отложения превосходных черных грязей высокой пластичности и весьма тонкой дисперсности, несомненно бальнеологического значения.

Грязь оз. Данхур уже была на испытании в медицинских клиниках г. Астрахани и найдена по качеству не уступающей лечебной грязи курорта Тинаки.

Расположения оз. Данхур около пресноводного ильменя, небольшая удаленность от Волги (около 10 км) позволяют видеть здесь другую точку грязелечебной сети Астраханского края. Таких точек можно было бы наметить несколько. Грязь приобретает в настоящее время и другое, строительное значение: как известно, благодаря малой рапопроницаемости, она применяется при строительстве бассейнов в качестве материала для перемычек и др. нужд. Наконец, хотя мы еще не располагаем достаточными данными, но мыслимо использование грязей даже на получение из них брома, который из рассолов озер дельты Волги во многих случаях почти целиком перешел в грязевые отложения озер.

В заключение следует отметить назревшую необходимость составления подробной и точной карты вообще всего Волгокаспийского района и дельты Волги в частности. Необходимо собрать существующие материалы аэрофотосъемок и геодезических измерений и произвести дополнительные измерения.

Необходимо также вести комплексное изучение Волгокаспийского района совместными силами физико-химиков, почвоведов, геологов и гидрологов и т. д.; результаты совместных исследований подытожить и сейчас и в будущих исследованиях.

ПРЕНИЯ

Председатель. Приступим к прениям по докладу В. И. Николаева.

Акад. Н. С. Курнаков. Каково строение поля хлористого натрия?

В. И. Николаев. Поля NaCl делится на две части: стабильное поле NaCl и — метастабильное поле.

Иногда точки состава рассолов не удается поместить на диаграмму, настолько велико пересыщение раствора поваренной солью.

Это относится и к другим компонентам, например сернокислому магнию, который также обладает способностью давать пересыщение.

Н. М. Федоровский. Каковы формы астраханита?

В. И. Николаев. Астраханит чрезвычайно любопытный минерал. Он встречается в разных озерах и даже в таком озере, как Большое Басинское, где предшествующие исследователи не находили его.

Астраханит имеет все цвета, от совершенно бесцветного до черного, большей же частью встречается в виде дымчатого. Это — твердое пластинчатое образование, которое включает в себе небольшое количество ила, чем и объясняется иногда дымчатый, а иногда черный оттенок. Удельный вес 2.2; твердость — 3.5 единицы.

Интересно, что астраханит в природе в чистом виде не встречается, он всегда переплетается с эпсомитом и хлористым натрием. Он образуется, как мне кажется, не путем перекристаллизации хлористого натрия и сернокислого магния, как считали раньше, а непосредственно из рассолов. Поваренная соль имеет тенденцию зайти далеко в другие поля, но постепенно хлористый натрий переходит в рассол и замещается все большим и большим количеством астраханита. Астраханит в большинстве озер находится в значительных количествах. Можно назвать оз. Бекеш-Сор, где его имеется 10^5 т.

Л. М. Зарудский. Правильно ли я понял, что в рассоле некоторых астраханских озер бром отсутствует, в то время как он содержится в иле?

В. И. Николаеав. Обычно он достигает сотых долей процента, а в некоторых озерах тысячных долей.

Председатель. Есть вопросы? Нет. Тогда разрешите перейти к следующему докладу В. П. Ильинского на тему: «Гидрохимия Карабугазского залива и основы его использования на продукты основной химической промышленности».

В. П. ИЛЬИНСКИЙ

ГИДРОХИМИЯ КАРАБУГАЗСКОГО ЗАЛИВА И ОСНОВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРОДУКТЫ ОСНОВНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

При обсуждении вариантов решения Волго-Каспийской проблемы (Большой Волги) необходим учет тех явлений, которые явятся результатом возможного изменения в режиме Каспийского моря, в частности, возможного понижения уровня воды в море. Решающими в этом вопросе, повидимому, будут вопросы рыбного хозяйства, очень мощного в этом море. В настоящем докладе в кратком изложении даются соображения по вопросам другой проблемы — Карабугазской, разрешение которой также теснейшим образом связано с режимом Каспийского моря.

Решение вопроса о том, какие явления наступят в море, заливе и органически связанной с этими явлениями производственной жизни

на заливе, когда уровень Каспийского моря понизится, должно явиться результатом специально поставленных работ экспериментальных и расчетных. Таких работ, к сожалению, в настоящее время не произведено. В ней должен бы иметь место синтез работ прежде всего гидрологов, гидротехников и специалистов по соляному делу (галургов).

Поэтому дальнейшие рассуждения будут иметь лишь качественный характер.

Прежде всего обращает на себя внимание, что размер речного питания — около 350 км³ в год, что отвечает слою воды в море около 840 мм, количество осадков — около 200 мм, размер испарения с поверхности Каспийского моря — в среднем 1080 мм, и расходы воды

Фиг. 1.

в Карабугазский залив (см. фиг. 1) через пролив, соединяющий его с морем, ~ 21 км³ в год (что отвечает понижению уровня моря за этот счет на 7—8 см)[1] являются величинами соизмеримыми, т. е. в водном балансе моря залив, соединенный мощным протоком, равным по расходу таким рекам, как, например, р. Урал, играет заметную роль.

Не следует также упускать из виду роль залива в солевом балансе моря.

Грубые подсчеты указывают, что солевое питание моря реками (рассчитанное по хлору) равно грубо 6 млн. т хлора, в то время как потеря солей в хлорном же исчислении из моря в залив отвечает ~ 110 млн. т, т. е. ежегодный дефицит хлора равен ~ 104 млн. т. Итак, залив является опресняющим море фактором, и, обратно, прекращение питания залива водой моря поведет к медленному его осолонению.

Однако гораздо большее значение окажет изменение расходов воды в Карабугазском проливе на судьбу самого залива и технической жизни на нем.

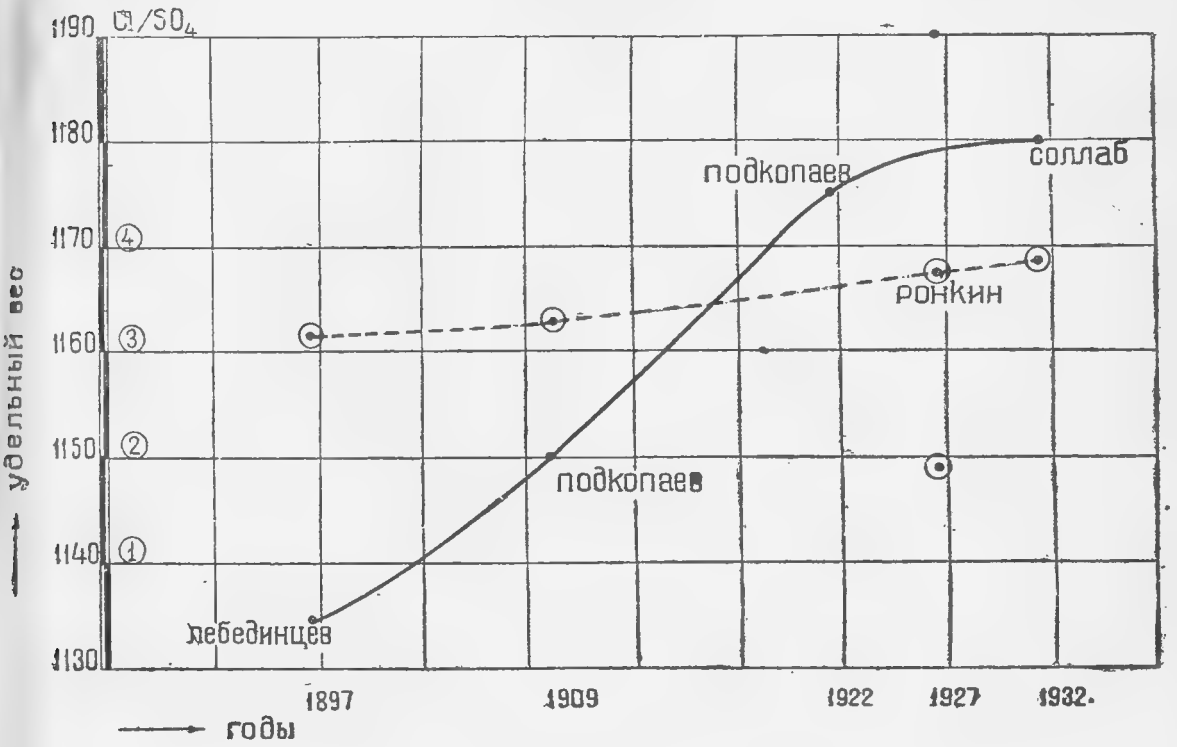
Чтобы в этом вопросе наметить те пути, по которым пойдет изменение режима залива, необходимо учесть те явления, которые характеризуют залив в настоящее время.

[1] По данным Михалевского 25 км³

На основе работ последних лет и краткой истории прежних исследований на заливе можно притти к выводу о том, что залив находится в довольно резкой динамической фазе быстрых изменений даже в его основных очертаниях.

Вместе с 21 км^3 каспийской воды в залив ежегодно поступает 273 млн. т солей при абсолютном количестве их в воде залива около 40 млрд. т.

Этот мощный приток солеобразного вещества ведет к быстрому соленакоплению в заливе, а при имеющем место равновесии в балансе воды



Фиг. 2.

в заливе (приток = испарению) с тенденцией к некоторому превышению испарения над питанием — должно создать явление довольно быстрого повышения концентрации рассола в заливе. Эту тенденцию не очень точно, но все же можно констатировать за 35 лет отрывочных сведений о составе и концентрации рапы в заливе (см. табл. 1 и фиг. 2).

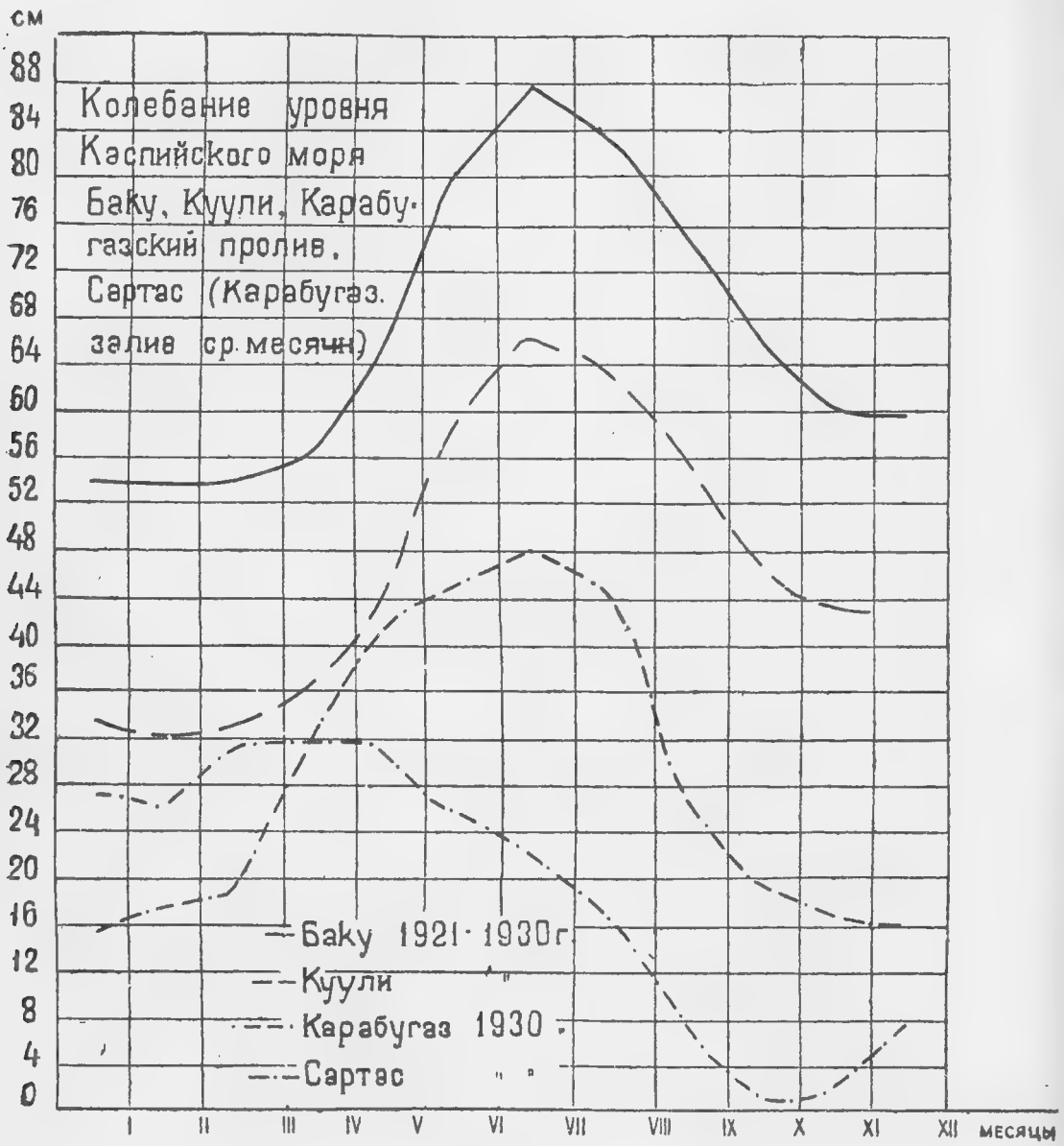
Так, сухой остаток рассола с величины 16.26 в 1897 г. вырос до 21.97 — в 1932 г., что отвечает ориентировочно расчету повышения концентрации за счет вноса солей через пролив.

Если допустить, что размер питания залива сохранит в ближайшее время ту же величину, которую он имеет в настоящий момент, то рассол теоретически может достигнуть состояния насыщения его поваренной солью через 35—40 лет.

Насыщение залива поваренной солью и ее выделение в твердую фазу нарушат или существенно изменят намеченные формы технической жизни в заливе, прежде всего установив прямую угрозу загрязнения глауберовой соли солью поваренной. Этот срок жизни залива

с примерно существующей в настоящее время характеристикой явлений в нем значительно сократится, если уровень Каспийского моря понизится.

Как указывают величины расходов воды в проливе, — расходы закономерно падают с понижением уровня моря (см. фиг. 3).



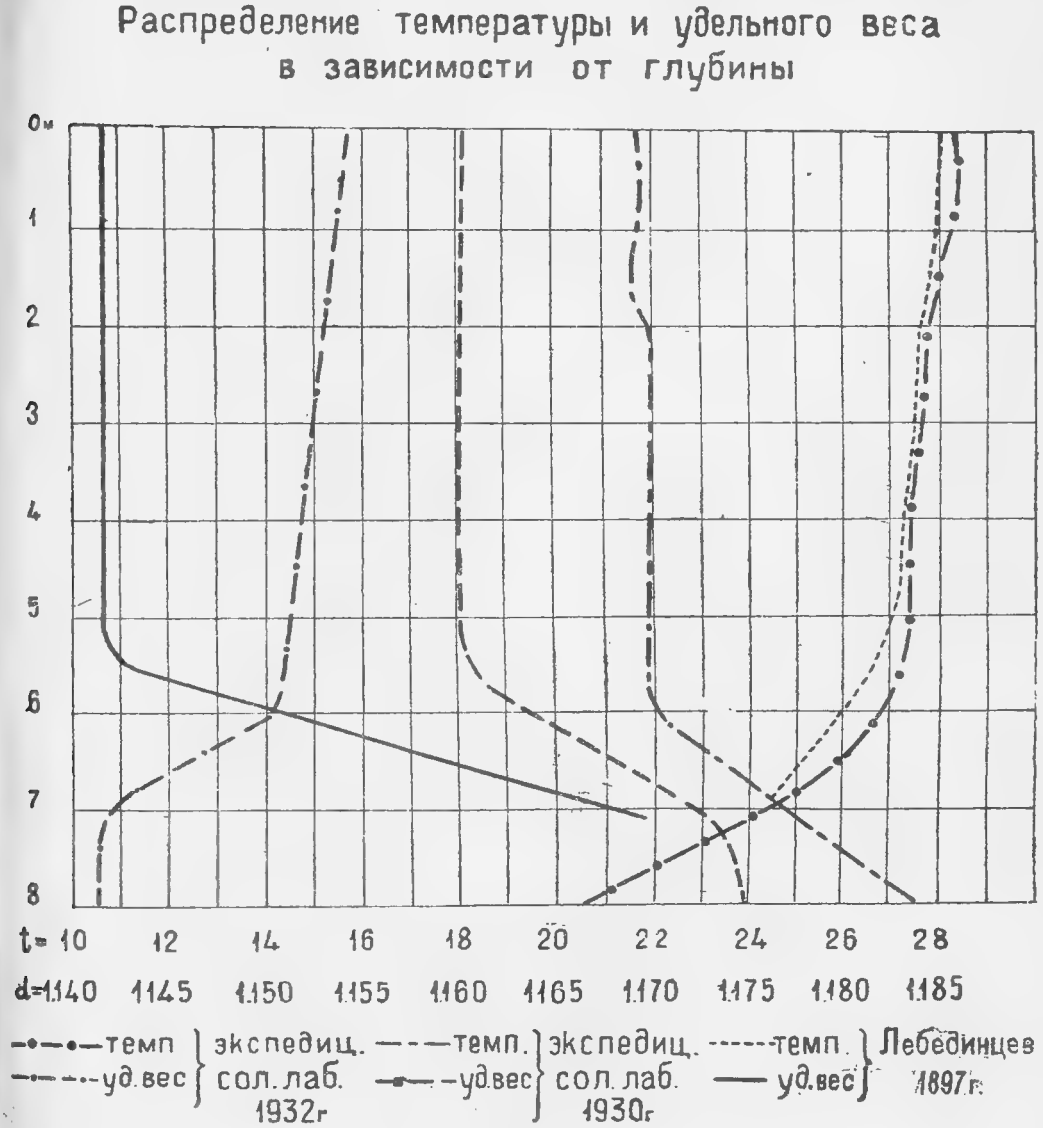
Фиг. 3.

Ориентировочные подсчеты показывают, что в этом случае испарение с поверхности залива, достигающее 1.3 м, некомпенсированное притоком каспийской воды, существенно ускорит повышение концентрации рапы в заливе.

Этим, однако, не исчерпываются возможные последствия понижения уровня воды Каспийского моря.

Наблюдения на заливе указывают на ряд происходящих в нем явлений, связанных с питанием морем, которые также весьма существенны для заливных режима и технической жизни.

Изучение годового цикла явлений на заливе, промеры глубин, температур рассола и анализы поверхностных и глубинных рассолов указывают на то, что залив в течение круглого года непрерывно



Фиг. 4.

меняет свою гидрохимическую характеристику благодаря тому, что одно из основных явлений на заливе — выделение мирабилита и его растворение, происходящее последовательно на протяжении почти всего года, а также мощный приток каспийской воды низкой концентрации и интенсивное испарение с поверхности залива — ведут в сумме к образованию в заливе рассолов: удельно тяжелых рассолов, полученных при растворении мирабилита в придонных слоях, средних концентраций, наиболее характерных для залива, и низких

Дата	Наименование	Удельный вес	Сухой остаток	$CaSO_4$	NaCl	$MgSO_4$
VII. 1897 г. . .	Лебединцев	1.136	16.4	1.6	64.9	18.0
1909 г. . .	Подкопаев	1.149	18.1	0.3	67.4	19.2
1827 г. . .	Ронкин	1.195	23.6	0.6	66.6	17.5
1930 г. . .	Солян. лаборат.	1.175	21.3	0.5	66.8	15.3
1932 г. . .	» »	1.174	22.2	0.7	66.0	15.7
VIII. 1933 г. . .	» »	1.180	21.8	0.5	66.5	17.7
	Каспий. Книпович	1.010	1.30	6.9	62.7	23.8

Дата	Наименование	Глубина	Удельный вес	Сухой остаток	$CaSO_4$	NaCl	$MgSO_4$
1897 г. Июль . .	Лебединцев	0.0	1.136	16.4	1.63	64.9	18.0
		5.5	1.142	16.4	1.39	66.1	19.3
		7.3	1.160	18.3	1.32	68.1	26.9
		9.0	1.220	22 6	0.92	54.7	24.1
1909 г. Июль . .	Подкопаев	0.0	1.149	18.1	0.26	67.4	19.2
		7.5	1.171	20.3	0.25	67.6	20.6
		9.0	1.170	20.5	0.40	67.8	20.2
1932 г. Июнь . .	Соляная лаборатория	0.0	1.169	21.3	0.21	68.2	15.4
		2.0	1.169	21.3	0.28	67.8	15.6
		5.0	1.170	21.4	0.37	68.0	15.5
		7.0	1.177	22.0	0.77	69.1	18.7
		8.0	1.184	22.7	—	70.3	23.7
	Книпович. Каспий	0.0	1.010	1.30	6.9	62.7	23.8

Таблица 1

$MgCl_2$	$MgBr_2$	KCl	Cl/Mg	Cl/K	$\frac{MgSO_4}{MgCl_2}$	Cl/SO_4	Место взятия
13.9	0.09	1.54	7.1	55.3	1.32	3.22	Северная часть
12.0	следы	1.04	7.2	87.5	1.60	3.27	» »
11.1	0.19	1.53	7.3	63.4	1.58	3.50	Кургузул
14.6	0.085	1.64	7.3	62.5	1.05	4.20	»
15.4	0.08	1.62	7.4	61.8	1.02	4.12	»
13.9	0.08	1.49	7.3	64.0	1.28	3,56	»
4.7	0.06	1.34	7.0	58.5	5.1	2.19	»

Таблица 2

MgCl	Na_2SO_4	$MgBr_2$	KCl	Cl/Mg	Cl/K	$\frac{MgSO_4}{MgCl_2}$	Cl/SO_4
13.6	—	0.09	1.54	7.1	55.3	1.32	3.22
12.9	—	—	—	6.9	—	1.50	3.04
3.3	—	—	—	7.0	—	8.15	2.05
—	19.4	—	—	6.7	—	—	1.03
12.0	—		1.04	7.2	87.5	1.60	3.27
10.5	—	Следы	1.00	7.2	94.5	1.96	2.97
10.3	—		1.09	7.2	88.2	1.96	3.02
15.7	—	0.09	1.73	7.4	58.2	0.97	4.30
15.6	—	—	—	7.4	—	1.00	4.25
15.3	—	—	—	7.5	—	1.01	4.22
11.1	—	0.08	1.63	7.5	57.5	1.68	3.37
5.76	—	—	—	7.5	—	4.1	2.52
4.74		0.06	1.34	7.0	58.5	5.1	2.19

Содержание солей в рапе Карабугаза в сухом остатке (по образцам рассола из северной части Карабугазского залива).

концентраций, полученных при смешении заливного рассола с морской водой. Эти рассолы находятся в непрерывном состоянии образования, смешения, диффузии.

Диаграмма (фиг. 4) наглядно подтверждает сказанное, причем непрерывное изменение состава рассола в течение года не является простым возвратом к исходному рассолу, а из года в год меняется. При этом может быть подмечена тенденция (см. табл. 2) к изменению отношения $\frac{MgSO_4}{MgCl_2}$ в сторону потери рассолом иона SO_4 за счет известной реакции выделения глауберовой соли и образования $MgCl_2$ из $MgSO_4$ и NaCl ($MgSO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + MgCl_2$) и за счет других процессов, метаморфизующих солевые рассолы в соляных водоемах.

Наличие ниже 6 м в течение круглого года рассолов высокой концентрации, богатых Na_2SO_4, доходящих у дна залива до состояния насыщения этих рассолов глауберовой солью, делают еще более вероятным наш прогноз, по коему можно ожидать на дне залива слоя мирабилита общей мощностью порядка 10 млрд. т, на что указывают расчетные данные, согласно упомянутой реакции, при сравнении соотношения солей в Каспийском море и Карабугазском заливе, если считать, что процессы метаморфизации по иным схемам не имели существенного развития. Этот слой мирабилита послойно, вероятно, прикрыт иловыми отложениями, заключающими в себе значительные количества гипса и карбонатов Mg и Ca из каспийской воды и обязанные происхождением реакциям взаимодействия бикарбонатов каспийской воды с солями рапы залива и другим процессам, ведущим к выделению углекислых солей Mg и Ca (напр. по реакции Гайдингера).

Все эти процессы также приобретут еще большую динамику и неузнаваемо видоизменят характеристику залива, если уровень Каспийского моря будет понижаться.

Может возникнуть вопрос о том, каков размер тех сырьевых ценностей, кои потенциально заключены в Карабугазском заливе и какое значение возникающая прошленность на заливе имеет в общей системе хозяйства Союза.

По отношению к размеру запасов минеральных солей в заливе нет смысла называть эти запасы, так как они настолько велики, что являются просто несоизмеримыми с возможной потребностью в них.

Но не только этим решается вопрос о ценности залива в целом. Карабугазский залив это — первая точка, на которой будет разрешаться так называемая сульфатная проблема.

Несколько слов о том, в чем именно заключается сульфатная проблема. Это — включение в круг процессов основной химической промышленности самого сульфата и получение из него продуктов основной химической промышленности.

Сернокислый натрий в истории химической промышленности имел крупное значение в содовом деле, как сырье в лебланновском процессе с отходом серы, и в стекольном деле, как составная часть шихты стекловаренных печей. Это значение он почти полностью в настоящее время потерял благодаря вытеснению в содовом деле

лебланновского процесса сольвеевским процессом и благодаря тому, что сернокислый натрий и из стекольной шихты был вытеснен дешевой сольвеевской содой, т. е. другими словами — сернокислый натрий исключен из цикла производств основной химической промышленности. Это находится в органической связи со стоимостью сернокислого натрия на рынке; он стоит около 40 руб. за тонну в золотом исчислении благодаря тому, что сернокислый натрий в основном получается как результат заводского процесса взаимодействия поваренной соли с серной кислотой с отходами соляной, следовательно, с эквивалентной затратой серной кислоты на этот процесс. И второй процесс, тоже заводский, — кальцинирование глауберовой соли, получаемой искусственным вымораживанием растворов поваренной соли и кизерита, получающихся в отходах переработки стассфуртских калийных солей; лишь намечающееся в довольно большом размере использование природного сернокислого натрия в Канаде становится в контакт методический с нашей карабугазской проблемой.

Совершенно другие условия мы имеем в Союзе в отношении необычайного богатства Союза сернокислым натрием, что заставляет по отношению к союзной основной химической промышленности пересмотреть вопрос о сернокислом натрии как сырье для основной химической промышленности. Этот пересмотр и те выводы, которые можно сделать, заставляют сульфатной проблеме и карабугазскому варианту ее разрешения придавать большое значение.

Сернокислый натрий по наметкам наших проектных организаций будет обходиться значительно дешевле стоимости сернокислого натрия на заграничном рынке. Результатом этого является уже имеющий место довольно широкий экспорт самого сульфата на заграничный рынок через Батумский порт. Такая низкая стоимость продукта возбуждает вопрос о введении сернокислого натрия в содовое производство, причем в настоящее время имеется несколько вариантов решения этого процесса; кроме лебланновского процесса, изучается предложенный нами и разрабатываемый в ГИПХ процесс получения соды через сернистый натрий путем его карбонизации с отходом серы; затем процесс взаимодействия сернокислого натрия с углекислым аммонием с получением сернокислого аммония, разрабатываемый НИУ, баритовый метод получения соды, минующий процесс обезвоживания с применением газового восстановителя, предложенный нами и разрабатываемый Соляной лабораторией Академии Наук и ряд других вариантов.

Важен вопрос о сернистом натрии, который пока из-за дороговизны имеет очень ограниченное распространение. Сернистый натрий является максимальным, теоретически возможным концентратом свойств щелочи и производных серы и в высшей степени транспортабельным веществом: мы имеем в 4 раза меньший вес по сравнению с глауберовой солью, причем вещество весьма удобное для того, чтобы его считать полупродуктом в ряде очень крупных производств.

Затем процесс получения силиката натрия с отходом сернистого газа, который может в качестве полупродукта в стекольной шихте

и в дорожном деле иметь очень крупное распространение. Но этими производствами не ограничиваются возможности Карабугаза.

Теперь мы уже привыкли ставить комплексно проблемы использования рассолов и солей соляных водоемов, и по отношению к Карабугазу вполне реально поставлен вопрос о таком комплексе: предполагается получать не только сернокислый натрий и упомянутые производные, но уже есть решения получать и бром.

Таким образом, упомянутый ранее учет роли Карабугазского залива для организации ряда производств на его базе должен быть сделан при разрешении Волго-Каспийской проблемы в целом.

В связи с этим я бы предложил на нашем заседании сделать такой вывод:

1) Понижение уровня Каспийского моря поведет к резкому изменению основных явлений, характеризующих режим залива и радикально нарушит намеченные формы технической жизни на Карабугазе.

2) Так как производственные процессы на Карабугазе имеют большое народно-хозяйственное значение, разрешение вопросов Большой Волги должно происходить с учетом крупных последствий понижения уровня Каспийского моря для химической промышленности Союза.

3) В виду недостаточной изученности гидрохимического режима залива необходима углубленная и крупная работа по изучению залива и строения его дна.

ПРЕНИЯ

Председатель. Приступим к прениям по докладу В. П. Ильинского. Кто желает задать вопросы докладчику?

Акад. Н. С. Курнаков. В каком месте, для того чтобы сравнить, вы брали пробы?

В. П. Ильинский. В таблицу помещены пробы, взятые в районе северных промыслов. Там имеется наш наблюдательный пункт, и рассолы северной и восточной части залива являются наиболее типичными, так как находятся вне зоны опреснения морской водой.

Акад. Н. С. Курнаков. А в какое время?

В. П. Ильинский. В летний период — июль-август.

Ф. Ф. Бадер. Каково распределение температуры, удельного веса, в зависимости от глубины? Там, где брались пробы с глубины 8 м, получается некоторая несогласованность — верхние пробы приводятся из северных районов, а нижние — из района Чагалов.

Блюмберг. Пробы поверхностные и глубинные были взяты в одном месте и в одно время.

Акад. И. М. Губкин. Какое понижение уровня Каспийского моря приведет к тем последствиям, о которых вы говорите?

В. П. Ильинский. Я в самом начале доклада сказал, что специальных работ по этому вопросу не сделано, но динамика процессов,

ведущих к повышению концентрации, сильная; всякое понижение уровня Каспия сокращает срок существования современного режима залива.

Акад. Э. В. Брицке. Это зависит от глубины пролива. Имея правильное соотношение между глубиной пролива и уровнем, можно регулировать, так что ничего особенно страшного здесь нет.

В. П. Ильинский. Путь постройки мощных гидротехнических сооружений остается, но указанная тенденция все-таки останется, так как повышение концентрации связано со вносом солей с водой моря, а незначительная разность уровней моря и залива (0.4—0.6 м) ограничивает возможности радикального регулирования.

Акад. Э. В. Брицке. Верно ли я вас понял, что по вашим данным остается твердая донная фаза в виде сульфата натрия?

В. П. Ильинский. Гипотетически мы ожидаем ее нахождения на дне залива.

Акад. Э. В. Брицке. Это легко установить бурением или взятием проб.

В. П. Ильинский. Бурения не производились, пробы со дна дают указания на наличие глауберовой соли даже в летнее время.

Акад. Н. Д. Зелинский. Вы указываете расчет соотношения сернокислого магния и хлористого магния. В конечном итоге тут получается уменьшение, и на основании этого вы сделали вывод о том, что на дне Карабугаза есть некоторое отложение глауберовой соли, которое потом в раствор не переходит при повышении температуры. Вы такой вывод сделали. Но это отношение 1.3, 1.50, 2.97,— тут правильности нет, и вряд ли можно сделать то заключение, к которому вы приходите. Если бы это было планомерное соотношение, то вывод этот был бы совершенно справедлив, но выходит, что вывода окончательного сделать нельзя. Вероятно и бурение, которое вы предполагаете поставить, не даст вам нужных выводов.

В. П. Ильинский. Указывается известная тенденция, делается известный прогноз, который требует подтверждения. Совершенно правильно, что в величинах коэффициента метаморфизации есть колебания, но числа, которые вы называете, относятся к пробам с разной глубины, я же сравниваю числа, отнесенные к поверхностным пробам, по которым можно судить о наличии указанной в докладе тенденции в величинах коэффициента метаморфизации.

Ф. Ф. Бадер. На этой диаграмме распределения температур и удельного веса одна кривая показывает 21.4°, а другая 20°—25°. Это сразу говорит уже о том, что данные взяты для различных моментов года.

В. П. Ильинский. Замечание не серьезное. Эта диаграмма (фиг. 4) приводится для того, чтобы показать, что с глубины около 6 м начинается зона высокой концентрации и с повышенным коэффициентом метаморфизации; хорошо, что кривые относятся к разному времени, это является преимуществом приведенных данных о наличии в придонных слоях залива рассолов большой концентрации независимо от времени года.

Вопрос с места. Если бы совсем закрыть Карабугаз, то на какое время хватит для эксплоатации запасов Карабугаза?

В. П. Ильинский. Срок современного режима и проектируемых форм производственной жизни будет очень краткий; но это не значит, что никакой производственной жизни нельзя будет организовать — только формы ее будут совсем другие.

Акад. Н. С. Курнаков. Для такого колоссального залива пролив имеет только внешнее значение; фильтрация происходит другими путями.

Председатель. Если нет больше вопросов, то кто желает высказаться по существу?

Акад. Н. С. Курнаков. Доклад В. П. Ильинского очень интересен. Для всех, кто следит за жизнью Карабугаза, данные, приведенные в докладе, являются неожиданными. Значительное укрепление концентрации — это очень интересный и важный вывод.

Но я должен сказать, что из тех данных, которые вы представляете, вывод этот не вытекает.

Последние пробы принадлежат Соляной лаборатории и относятся к 1931—1932 гг., а пробы 1927 г. оказываются уже нормальными, они дают те же данные, как и пробы 1897 г., одинаковые показатели, лишь концентрация разная.

Таким образом, из этого нельзя сделать вывода об изменении химического состава. Выходит так, что в 1931 г. коэффициент метаморфизации изменился — сразу на 0.3. Если бы раствор глауберовой соли был насыщенный, то коэффициент метаморфизации должен был повыситься. Там мы имеем коэффициент 1.6 и даже больше, когда у нас насыщенный раствор глауберовой соли; когда же глауберова соль растворяется, то коэффициент с 0.3 становится больше единицы. Это общее правило.

Но если мы имеем летние растворы, то они не насыщены, и поэтому странно было бы предполагать, что здесь произошла такая метаморфоза. Это объясняется только местом взятия пробы. Нет никаких оснований предполагать, что Карабугаз претерпел сразу такую метаморфозу — в 1931 г. произошло изменение сразу на 30%. В природе таких сальтоморталe не бывает. А если это и происходит, то в течение ряда, длинного ряда лет. И Карабугаз, как и большинство озер, если меняет свой состав, то в течение геологических периодов. Сколько раз были такие случаи, когда казалось, что озеро использовано, что дальше нет смысла вести эксплоатацию, а потом оказывалось, что эксплоатацию можно продолжать.

Анализ другого водоема, который можно поставить в параллель с Карабугазом — Сасык-Сиваш, не насыщенный бассейн с концентрацией не 22, а 14, который за наши периоды тоже не меняется так же, как и Карабугаз. Колеблется конечно. Здесь интересны были бы политермы Карабугаза, которые у нас, к сожалению, пока не готовы, они показывают, что сернокислый натрий меняется, а хлористый натрий остается неизменным — в четырехмерном пространстве диаграммы, — толчется вокруг все одного и того же состава.

Вот мое заключение и моих сотоварищей по работе.

По отношению к хлористому натрию нет колебаний, есть колебание — как следствие самых обычных метеорологических явлений, колеблется только средняя величина, отклонения эти являются второстепенными, тем более, что в 1927 г. все было нормально, и затем через 4 года будто бы произошли какие-то исторические изменения.

Вы нас привели в смущение, но я думаю, что можно быть значительно более спокойными.

Акад. А. Д. Архангельский. Сегодня мы слышали о том, что, повидимому, на дне Карабугаза выпадают твердые соли. Это легко решить. Для этого нужно сделать самую элементарную зондировку, и вот оказывается, что в течение 30-летнего исследования Карабугаза не удосужились сделать зондировки. Не говоря о том, что с этим связано правильное решение исключительно важной теоретической задачи исследования всего режима Карабугаза, с этим связаны и важнейшие практические вопросы. В самом деле, может быть сейчас глауберова соль и не отлагается, по крайней мере я этого из приведенных данных не вижу, но не исключена возможность, что несколько столетий тому назад она отлагалась. Под слоем каких-либо иных отложений более или менее значительной толщины мы, быть может, в Карабугазе встретим залежи глауберовой соли, которые можно выработать иным путем. Не исключена возможность, я это подчеркиваю, что залежи эти достаточно велики. Я говорю, не исключена возможность потому, что, как известно, очень недалеко отсюда в Узун-су находятся залежи ископаемого сернокислого натрия, залежи, которые принадлежат к акчагылу. У меня невольно возникает вопрос — а может быть с момента акчагыла и до сих пор мы имеем и в окрестностях Карабугаза и в самом Карабугазе садку глауберовой соли? Решить это можно бурением.

Наша работа на Каспии по исследованию осадков дает, мне кажется, некоторые любопытные указания в пользу того, что в акчагыле осадочный процесс происходил по тому же типу, что и теперь; об этом говорит, кроме отложения и тогда и теперь мирабилита, также и отложение в акчагыльскую и современную эпохи в области восточных побережий Каспия белых мергелей.

Весьма возможно, что отложение Na_2SO_4, начавшись в акчагыле, продолжается до сих пор.

Естественно, что это надо проверить, поставив здесь бурение колонковое и глубокое на дне залива.

Ф. Ф. Бадер. Выступление акад. А. Д. Архангельского очень облегчило мою задачу: он сказал о необходимости бурения в Карабугазе, на что я также неоднократно указывал. Я поражен работами Соляной лаборатории Академии Наук — она не берет даже проб воды Каспийского моря и, не зная состава воды моря, который резко меняется согласно исследованиям И. М. Книповича, осмеливается рассуждать о происшедшем будто бы изменении состава воды Карабугаза по сравнению с составом воды моря. Кроме того Лебединцев брал пробы в западной части залива, а Соляная лаборатория почему-то

надумала брать пробы на северном берегу, почему получилось несоответствие.

По моему мнению, надо ожидать обнаружения крупных залежей солей на дне залива, о чем я указывал еще год тому назад, но не берусь предсказать какие именно, а раз это так, то надлежит совершенно по новому поставить вопрос о самой проблеме Волго-Каспия.[1]

Я протестую против узко-технологического направления работ по Карабугазу, так как технологический процесс зависит от того, как идут гидрохимические процессы, и потому я настоятельно требую постановки исследований Карабугаза во всей широте.

Я. Б. Блюмберг. Я хочу сказать несколько слов относительно изменения коэффициента метаморфизации. Приведенные здесь данные характеризуют рапу в летний период, т. е. в период обратного растворения глауберовой соли.

Из диаграммы (фиг. 4) явствует, что в Карабугазском заливе до глубины 6 м мы имеем совершенно однородный слой рапы в химическом отношении.

Сразу же с 6-метровой глубины и до 8-метровой, а может быть и глубже (глубины современого Карабугаза точно не установлены), мы имеем резкое возрастание коэффициента метаморфизации, достигающего 4, т. е. имеем почти насыщенный по отношению Na_2SO_4 рассол.

Рассолы с коэффициентом метаморфизации 1.05—1.07 отобраны с верхних горизонтов. Коэффициент метаморфизации в Карабугазе не постоянен, и на его изменение влияет деятельность ветров.

Карабугазский залив представляет собой не совсем обычное соляное озеро, типа Крымских озер. Обширная площадь и 10—12 м глубины приближает его к глубоким водоемам, в которых наблюдается расслоение вод по химическим и физическим свойствам.

В те же годы, когда летние периоды характеризуются штилями, то коэффициент метаморфизации на поверхности рапы залива имеет 1.05—1.07. В 1933 г. лето изобиловало сильными штормами, и осенью этого года коэффициент метаморфизации поверхностных рассолов равен 1.4.

Для сравнения наших данных с данными Лебединцева 1897 г. мы отбирали пробы в тех же районах залива и в те же сроки, что и Лебединцев. Сравнение показало значительное увеличение удельного веса как поверхностных, так и глубинных рассолов. Концентрация же за этот период по хлору выросла в 1.5 раза.

По сравнению с каспийской водой, в настоящий момент в Карабугазе наблюдается увеличение $MgCl_2$, эквивалентное потере NaCl в рапе залива, т. е. за счет реакции обмена

$$MgSO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + MgCl_2.$$

[1] На заседании пленума Волго-Каспийской сессии Бадер раскрыл свой проект: чтобы извлечь те соли, которые предсказывает Бадер, необходимо Карабугаз изолировать от моря, высушить и с легкостью собирать обнаружившиеся богатства залива.

Что касается сернокислого магния, то его убыль в рапе залива по сравнению с водой Каспия превышает количество, потребное на реакцию двойного обмена.

Попутно хочу отметить, что замечание Ф. Ф. Бадера о том, что до сих пор не производилось никаких определений каспийской воды, — неверно, ибо каждый год Карабугазская экспедиция отбирает пробы каспийской воды, которые анализируются, и в лаборатории имеется большое количество анализов, по которым можно получить ответы на все его вопросы, часть этих проб отбиралась самим Бадером.

Совершенно очевидно, что метаморфизация карабугазской рапы находится в тесной связи с донными отложениями мирабилита и карбоната магния. Дело в том, что дно Карабугазского залива поверхностно прозондировано и обнаружена в июне месяце глауберова соль (зондировка производилась обычным зондом на глубине 0.5 м), которая находилась под слоем так называемого белого ила, являющегося как бы изолирующим слоем. Анализ этого ила показал значительное содержание в нем карбоната магния, и скопление его на дне залива, повидимому, находится в тесной связи с той взмутью, которая характерна для рапы залива.

Ориентировочные подсчеты донных отложений глауберовой соли дают среднюю мощность, равную 45 см.

Что касается бурения дна Карабугазского залива, которое должно окончательно выяснить генезис Карабугаза, то это нами намечалось, но осуществить эту работу можно лишь при наличии хорошо оборудованной гидрографической экспедиции, и осуществление такой экспедиции намечается в ближайшее время.

Акад. Н. С. Курнаков. По поводу доклада В. И. Николаева было бы желательно отметить следующее: изучение озер дельты в их современном положении представляет большой интерес, в особенности сравнение той части берега Каспийского моря, которое касается дельты, с северо-восточным берегом, где впадает Урал.

Было бы желательно произвести сравнение восточных и западных озер, это дало бы важный материал по вопросу о влиянии куполов, которое должно сказываться на всей Каспийской низменности. Желательно, чтобы в этом направлении были бы произведены исследования.

Акад. А. Д. Архангельский. Мне хотелось бы в связи с докладом Н. С. Курнакова высказать одно пожелание, касающееся детального сравнения современных солевых отложений с нашими пермскими отложениями; это сравнение желательно было бы произвести с целью уяснить в подробностях условия отложения пермских осадков, ибо только таким сравнительным путем на основе огромного материала, который у акад. Н. С. Курнакева есть, мне кажется, мы можем притти к действительному познанию отложений пермских пород. А это в настоящее время представляет для нас и теоретически и практически весьма большой интерес.

В нашей резолюции мы может быть сделали бы правильно, если бы включили это пожелание.

Председатель. В виду того, что доклады акад. Н. С. Курнакова и др. докладчиков не вызвали здесь никаких возражений, кроме того пожелания, которое высказал акад. А. Д. Архангельский относительно сравнительного изучения солей пермского возраста и современных, а доклад В. П. Ильинского вызвал некоторые возражения, я полагаю, что следует предоставить заключительное слово только ему одному.

В. П. Ильинский. На ряд вопросов, касающихся взятия проб, количества анализов и т. д. достаточно полный ответ дан мною и одним из непосредственных сотрудников карабугазских исследований т. Я. Б. Блюмбергом. Этими ответами устранены все сомнения в сравнимости приведенных данных, так как пробы брались в одних и тех же местах, в одно время года и из характерных для заливного рассола районов.

Поэтому остановлюсь на больших вопросах, которые поставлены докладом и прениями по нему.

Из материала доклада, возражений и частью литературных данных можно констатировать, что сегодня довольно рельефно выявились две точки зрения, две схемы в теоретическом вопросе о природе гидрохимических процессов в Карабугазском заливе — в этом заключается большой интерес сегодняшнего собрания; вопрос этот, кроме того, большого практического значения, так как можно правильно использовать лишь то, что правильно понято.

Одна точка зрения, высказанная акад. Н. С. Курнаковым и поддерживаемая акад. Н. Д. Зелинским и, повидимому, частично акад. А. Д. Архангельским и акад. Э. В. Брицке, может быть кратко формулирована так. Современный гидрохимический режим залива создан геологическими периодами его жизни, в нем установилось своего рода равновесие, которое благодаря этому, а также благодаря большим размерам водоема, обладает такой инерцией, что нужны новые геологические периоды для того, чтобы химический состав и концентрация заметно изменились; в настоящее же время и на протяжении с 1897 г. происходят лишь незначительные колебания концентрации, связанные с метеорологическими колебаниями при строго постоянной химической характеристике и в частности при постоянстве коэффициента метаморфизации заливной воды после растворения глауберовой соли, зимняя садка каковой полностью растворяется в летние месяцы. Изменение коэффициента метаморфизации происходит: за счет обычных для соляных озер процессов метаморфизации, т. е. за счет взаимодействия рапы с $CaHCO_3$, по реакции Гайдингера, благодаря биохимическим процессам и др. Потеря солей происходит за счет диффузии в грунт; кроме питания залива через пролив, имеется питание просачиванием через косы и грунт, и таким образом проливное питание, несмотря на его мощность, не является решающим в вопросах питания.

Вторая гипотетическая точка зрения, формирующаяся в процессе работы Соляной лаборатории у ее сотрудников, несмотря на отрывочность и бедность аналитического материала и гидрохимических наблюдений на заливе за период до 1931 г., склоняется к совершенно иной трактовке гидрохимического режима залива. От геологической истории

залива, которая привела к современной, так сказать, геометрической форме залива и современной геологической, петрографической и минералогической характеристике дна, кос и берегов залива, быть может, с образованием погребенных отложений минеральных солей акчагыльского или иного возраста,—надлежит отличать историю современного гидрохимического режима залива. На основании имеющихся данных о резких колебаниях уровня Каспийского моря можно утверждать, что около 1400 года уровень Каспия был выше современного на 15 м, т. е. залива Карабугазского не было; ~ 1600 года уровень выше современного на 5—6 м, т. е. контуры залива едва начинают обнажаться. И лишь позднее 1600 года, нельзя указать когда именно, залив начал жить самостоятельной жизнью.

Таким образом, залив с современной характеристикой — явление, определенное не геологическими периодами, а явление очень молодое, не свыше 300 лет. Если сделать отвлеченное допущение о постоянстве основных приходо-расходных показателей, характерных для настоящего момента, то заливная жизнь измерялась бы сроком около 150 лет.

Отсюда наши гипотетические представления о большой динамике во всех основных процессах, а именно в повышении концентрации, изменении химического состава в сторону выделения мирабилита в твердую фазу, незначительном сравнительно развитии по отношению к общему масштабу процессов метаморфизации по обычным схемам.

Нам представляется также неправильным думать о наличии сколько-либо заметного питания залива за счет других источников, кроме проливного.

Повидимому, считается рискованным утверждение о наличии глауберовой соли на дне залива, хотя в этом отношении акад. Архангельский поддерживает ту точку зрения, что на дне залива можно эту соль и другие ожидать; акад. Н. С. Курнаков и акад. Н. Д. Зелинский этого не допускают. Таким образом, мнения расходятся. Нам представляется наличие глауберовой соли на дне залива весьма вероятным. Не следует забывать, что среди коэффициентов метаморфизации имеется коэффициент — 5 для каспийской воды, которой питается Карабугазский залив. Этот коэффициент, таким образом, понижен для залива с 5 до 1.0 — 1.3.

Поэтому возникает вопрос, каким же образом такие глубочайшие изменения коэффициента имеют место при наличии мощного непрерывного питания залива водой Каспия. Это и наводит на мысль, что глауберова соль на дне. Относительное повышение количества хлористого магния по реакции $2NaCl + MgSO_4 = Na_2SO_4 + MgCl_2$ поддерживает гипотезу об осадке глауберовой соли на дне залива. Столь глубокое изменение коэффициента метаморфизации, какое мы имеем при сравнении каспийского коэффициента с карабугазским при наличии мощного питания залива морем, затруднительно объяснить изменением этого коэффициента целиком за счет биохимических и других процессов, коими обычно объясняется изменение коэффициентов для соляных озер.

Отсюда наши проектировки исследования глауберовой соли на дне залива. А отсюда и те предположения, как я сказал, качественные предположения, указывающие определенную тенденцию, требующие подтверждения производством буровых работ.

Акад. Н. С. Курнаков считает, что Карабугазский залив не претерпевает повышения концентрации. Но тогда возникает вопрос, как объяснить то обстоятельство, что такое грандиозное соленакопление в заливе, которое бесспорно здесь имеется и выражается количеством в 275 млн. т в год, при соизмеримом запасе солей в самом заливе и при сбалансированном приходо-расходе воды, не вызывает повышения концентрации; при колоссальном притоке солей, при сбалансированном водном режиме соленакопление должно иметь место, и связанное с этим повышение концентрации и уд. веса, отмеченное нами в докладе, почти бесспорно.

Нам представляется, что сумма этих обстоятельств достаточно убедительна, чтобы говорить, что концентрирование рассолов происходит в довольно большой степени и что глауберову соль, весьма вероятно, можно ожидать на дне залива.

Я присоединяюсь к мнению акад. А. Д. Архангельского, что недостаточное внимание было уделено на буровые работы, но с наших исследований этот упрек полностью снимается потому, что все, что мы могли в этом направлении сделать для того, чтобы организовать эту работу, было сделано, и мы сейчас в предложенной нами резолюции по докладу вновь требуем выполнения этих работ.

Все означенные явления, как-то: повышение концентрации с 1897 г. по 1933 г., некоторая тенденция к понижению коэффициента метаморфизации все же прослеживаются, поскольку это можно сделать на основе того скудного аналитического материала, который имеется до 1931 года.

Что касается замечаний акад. Н. С. Курнакова о невозможности изменения коэффициента метаморфизации в отдельные годы с 1.3—1.6 (по данным Лебединцева и Карабугазской экспедиции 1909, 1922, 1927 гг.) до 1.0 в 1931 г. и 1932 г., то могу сказать, что последний установлен на основании сотен анализов и не вызывает никаких сомнений.

В 1933 г. коэффициент метаморфизации вновь повысился до 1.3. Все это есть результат степени смешения глубинных растворов с рапой Карабугаза и степени и скоростей растворения зимнего осадка мирабилита в отдельные годы. Таким образом, «сальтомортале» — резкие изменения в химической характеристике рассола по годам — имеет место.

Председатель. Повестка дня нами исчерпана, мы заслушали все доклады, которые полагались, кроме доклада — М. Г. Валяшко «Калийность Урало-Эмбенского района», который снят вследствие болезни М. Г. Валяшко. Тезисы его доклада будут присоединены к протоколу.

Изучение соленосных районов в Каспийской области имеют не только научно-теоретическое, но и громадное практическое значение, в особенности для всей проблемы Волго-Каспия.

Доклады акад. Н. С. Курнакова и последующих товарищей дают чрезвычайно много ценных знаний по вопросу о физико-химическом изучении этого района. Очевидно, нужно присоединиться к пожеланию, которое было высказано акад. А. Д. Архангельским относительно соединения изучения современной соляной проблемы с изучением соленосных отложений, приуроченных к пермской системе для того, чтобы, исходя из современных условий, понять прошлое, когда происходило отложение солей пермского бассейна.

Карта, которую демонстрировал акад. Н. С. Курнаков, представляет исключительный интерес, она является единственной в мире. Я думаю, что следует принять предложение, которое внес акад. Н. С. Курнаков по докладу В. И. Николаева относительно изучения озер, расположенных к востоку и к западу от Волги.

По докладу В. П. Ильинского здесь оглашен проект резолюции. Мне кажется, что нам эту резолюцию следует принять, так как это в интересах дальнейшего изучения и разрешения проблемы Карабугаза.

Я отлично понимаю, что Академия Наук, которая не является технически-производственной организацией, трудно проводить работы по разведкам того, что отложено на дне Карабугаза, но Академия Наук, как организующий центр научной мысли всего нашего Союза, может поставить эти вопросы о необходимости проведения работы чисто технического характера. У нас есть организации, которые работу могут произвести, и мне думается, что это сейчас является своевременным в связи с определением тех промышленных перспектив, которые содержат в себе Карабугазский залив, а именно: поставить разведочные работы при помощи бурения, которое нужно с технической стороны поставить таким образом, чтобы можно было пройти во всю толщу этих осадков. Мы сейчас можем бурить на очень глубокое расстояние и можем организовать бурение и на море и на суше. В Бакинском районе мы бурим не только в суше, но и в самом Каспийском море.

Можно выразить пожелание, чтобы была поставлена задача организации бурения на Карабугазе с целью решить вопрос, какие соли там отложены, есть ли в первую очередь глауберова соль в ископаемом состоянии и какие другие соли там еще отложились. Разрешение этого вопроса даст не только ответ на наш чисто теоретический вопрос, но будет иметь и большое практическое значение, так как выяснит условия осаждения этих солей в таком исключительном бассейне, какой представляет собой Карабугаз.

Исходя из условий карабугазских отложений, мы можем учесть опыт Карабугаза и перенести его по аналогии к некоторым более отдаленным геологическим эпохам и из настоящего понять прошлое.

Акад. А. Д. Архангельский. Не только бурение, но и систематическую глубокую зондировку.

Акад. А. П. Карпинский. Нельзя не отметить мирового значения работ Академии Наук по Карабугазу как неистощимому источнику минеральных солей.

В. И. Николаев. Предлагаю в число пожеланий внести составление подробной карты не только всего Каспийского моря, но и дельты Волги в частности, а также о необходимости бурения и работ геологов в районе дельты Вольги.

Председатель. Я думаю, что это предложение возражений не встретит и мы его включим.

Разрешите на основании всех тех замечаний, которые здесь были сделаны, и всех тех предложений, которые я сделал в своем заключительном слове, составить резолюцию и огласить ее уже 30 ноября, когда будут приниматься все остальные резолюции.

Позвольте на этом закрыть наше сегодняшнее заседание.

(Заседание закрывается).

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

ЗАСЕДАНИЕ 30 НОЯБРЯ 1933 года

Председательствует акад. И. М. Губкин.

Председатель. Слово для доклада предоставляется акад. А. Д. Архангельскому.

Акад. А. Д. АРХАНГЕЛЬСКИЙ

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО КАСПИЯ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ ЭКСПЕДИЦИЕЙ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ

Летом 1933 г. Институт геологии и минералогии, в котором я работаю в Москве, организовал работы по изучению дна Каспийского моря, точнее его отложений. Эти работы преследуют три задачи: во-первых, производя их, мы надеемся собрать ценный материал для того, чтобы в дальнейшем расшифровать условия образования осадочных пород и, в первую очередь, пород нефтяных месторождений; во-вторых, мы надеемся таким путем получить указания относительно новейших, последних страниц истории Каспийского моря; в-третьих, эти работы имеют своей задачей определить те области в мелководной части Каспийского моря, в которых можно было бы поставить детальные подводные геологические исследования для разведок на нефть на дне моря.

Эти работы удалось организовать лишь благодаря действенной помощи Убекокаспия и, в особенности, А. И. Михалевского, под начальством которого и проделал рейс корабль «Секстан», на котором работала экспедиция.

Работы в море были произведены двумя сотрудниками Института геологии и минералогии — А. Ф. Носовым и М. А. Ерошенко. Материал, который собран, обрабатывается А. Ф. Носовым и мною совместно, и от лица нас обоих я делаю это сообщение.

Работа только недавно закончена, только что разобран материал, сделано первое беглое описание полученных образцов отложений, только что сданы многочисленные анализы, потому об общих результатах экспедиций сказать здесь я могу еще очень мало. Да было бы и неправильно, если бы я касался всех результатов работ, не считаясь с характером настоящей Сессии.

Учитывая особые задачи настоящего заседания, я сосредоточусь лишь на определенной группе вопросов, именно на вопросах о дви-

жении береговой линии Каспия, и о колебаниях его уровня. Мой доклад является, таким образом, непосредственным продолжением доклада А. В. Вознесенского (см. Труды Ноябрьской сессии, посвященной проблеме Волго-Каспия), но я буду подходить несколько с иной точки зрения, нежели подходил он, базируясь на ином материале.

Едва ли нужно особенно доказывать в настоящий момент важность исследований, касающихся вопроса о передвижении береговой линии. Совершенно понятно, что каждое движение ее, в особенности на севере, каждое повышение и понижение ее, или соответственно повышение и понижение уровня Каспия, немедленно отражается на всем режиме Волги и на скорости ее течения, на движении наносов, на уровне грунтовых вод и т. д. Это — с одной стороны.

С другой стороны, проф. Ризенкампф в своем докладе (см. доклад проф. Ризенкампфа в Трудах Ноябрьской сессии, посвященной проблеме Волго-Каспия, т. I и отд. изд.) придавал огромное значение отрицательному движению береговой линии в северной части Каспия; с отступанием моря здесь будет связано увеличение площади песков, резкие, быть может, изменения климата, увеличение суховеев и т. д.

Все это в настоящий момент, конечно, заставляет очень насторожиться в отношении движения береговой линии и приложить все усилия к тому, чтобы в ближайшее время определить хотя бы общее направление этого движения с тем, чтобы на основе этого принять те или иные меры к точному количественному изучению перемещений берега.

Что касается методов определения движений, то их несколько. Первым, и при известных обстоятельствах наиболее точным, наиболее исчерпывающим был бы, конечно, метод исторический. Но исторический метод имел бы полное значение лишь в том случае, если бы издавна берега Каспия были обжиты человеком, если бы относительно всего побережья Каспия имелись точные исторические сведения.

К сожалению, этого, как известно, нет. Даже и в настоящее время побережья Каспия отнюдь не являются обжитыми, а если мы возьмем более отдаленные времена, то сколько-нибудь точные данные можно будет найти лишь по отношению к отдельным, иногда чрезвычайно далеко друг от друга отстоящим точкам. И вот это лишает исторические данные в значительной мере, а в некоторых случаях и полностью, их значения.

В самом деле, А. В. Вознесенский указал нам, как трудно даже в современных условиях базироваться на точных геодезических наблюдениях для решения вопроса о том, как движется береговая линия Каспия. Он подчеркнул, что различные точки побережья Каспия могут двигаться весьма различным способом. Это совершенно верно. И если подойти с геологической точки зрения, то на протяжении Каспия можно выделить по меньшей мере пять отрезков, движение которых может принципиально отличаться от движения соседних участков.

В самом деле, южный Каспий — наиболее глубокая часть его, являющаяся продолжением того понижения, которое идет вглубь

долины р. Куры, — это первый участок, в общем характеризующийся длительными опусканиями.

Второй участок — продолжение главного Кавказского хребта — идет приблизительно с Апшеронского полуострова на Красноводский, — это участок, имеющий тенденцию к длительному поднятию.

Еще севернее располагается участок, являющийся продолжением Терской впадины, т. е. участка земной коры, испытывающего длительное опускание.

Затем, на линии, соединяющей Мангышлак с Донецким бассейном, проходит полоса избытка силы тяжести, которая указывает на то, что этот участок, как и главный Кавказский хребет, принципиально разнится от прилегающих к нему с севера и с юга участков: по этой линии, очевидно, под покровом молодых пород проходят те складки, которые соединяют Мангышлак с Донецким бассейном.

И, наконец, последняя область, северная часть Каспия, входит в пределы Урало-Эмбенского тектонического района, который отличается своеобразной тектонической структурой, описанной подробно в докладе акад. И. М. Губкина, и в общем, повидимому, имеет тенденцию к опусканию.

Движения береговой линии в этих пяти участках заведомо могут быть различны, но и в пределах каждого из этих участков отдельные точки могут двигаться тоже в различных направлениях. Все это создаст чрезвычайно большую путаницу и делает исторические данные, относящиеся к отдельным точкам, едва ли пригодными для общих выводов относительно колебаний уровня воды или движений береговой линии всего Каспийского моря.

Тем не менее, как вы знаете, был сделан целый ряд попыток, основываясь на исторических данных, понять движение береговой линии. Последняя из этих попыток принадлежит проф. Ковалевскому и опубликована им в его книге «Лик Каспия». Я иначе отношусь к этой книге, нежели Н. С. Курнаков и И. М. Губкин. И думаю, что в ней отсутствует элементарная историческая критика источников. Поэтому едва ли можно доверять тем результатам, к которым пришел ее автор. Тем не менее, я на всякий случай покажу ту схему движений уровня Каспия, которую дает проф. Ковалевский. Из его рассуждений следует, что наиболее низкий уровень Каспий имел за 13 веков от настоящего времени. Затем было повышение, которое в настоящее время вновь сменяется понижением.

Аналогичные попытки были сделаны также рядом других авторов, но я не буду на них останавливаться, ибо, повторяю, не придаю им большого значения.

Второй метод, которым мы могли бы очень точно решить задачу, это — метод точных нивелировок, о котором упоминалось в прениях по докладу П. А. Православлева (см. Труды Ноябрьской сессии). Но этот путь мне кажется долгим и сложным. Учитывая, что движения различных отдельных участков Каспия могут быть различными, мы должны были бы точнейшим образом занивелировать очень большие

площади по берегам самого Каспия, потом перекинуться с нивелировками отсюда к каким-то несомненно устойчивым точкам. К каким именно точкам — это для меня неясно: к Батуму нельзя — он движется, к северному участку черноморского побережья — тоже нельзя — движется. Это — очень сложная задача. Тем не менее, правильно поставленная большая нивелировка даст очень интересные результаты, и я ее всячески поддерживаю; следует только не закрывать глаза на то, что это дело — сложное, требующее очень больших работ и большого количества времени.

Я не стану говорить о методе гравиметрическом, который был предложен проф. П. А. Православлевым и проф. Горшковым, потому что, по моему, он не имеет никакого отношения к тем задачам, которые мы в настоящее время должны решать, т. е. к задачам движения береговой линии в течение нынешнего дня и ближайших пятидесятилетий и столетий.

Для быстрой ориентировки в интересующем нас вопросе могут служить два метода: первый — геоморфологический, и второй — изучение осадков Каспийского моря. Эти два метода, если их комбинировать, дадут возможность достаточно точно определить знак общего движения береговой линии, особенно — для северного Каспия, который для нас представляет большой интерес. После того как мы определим этот знак, можно поставить ряд работ, уточняющих количественную сторону дела и частные отклонения процесса.

В отношении метода геоморфологического было сделано уже не мало Мейснером, Л. С. Бергом, П. А. Православлевым. Ряд очень ценных указаний был дан в прениях по докладу последнего на настоящей сессии.

Во-первых, северная часть Каспийского моря имеет чрезвычайно характерную береговую линию. Бесчисленные заливы, ильмени указывают на недавнее освоение морем когда-то занятой дюнами, балками и пр. страны; эта береговая линия указывает на положительное движение, на наступление моря на сушу; другими словами, она указывает на опускание суши в этих областях.

Во-вторых, П. А. Православлев дал в одной из своих работ очень любопытную кривую русла Волги. Все, кто интересуется Каспием, конечно, знают эту кривую. Она доказывает, что русло Волги является резко пересуглубленным и находится значительно ниже (на много метров) уровня моря. Это, очевидно, могло быть только при тех условиях, если произошли какие-то изменения в уровне Каспия.

Для объяснения наблюдаемых фактов П. А. Православлев делает ряд предположений. Он допускает, во-первых, возможность, что Волга выработала свое русло тогда, когда берег Каспия стоял гораздо южнее. Позднее произошло поднятие уровня Каспия, и получилась та дисгармония между руслом реки и уровнем моря, о которой я сейчас говорил. По другому предположению опускание испытывает самое русло Волги. Это мне кажется гораздо менее вероятным, ибо опускание не может приурочиваться только к руслу реки; оно чувствовалось бы и в соседних областях, чего на самом деле нет.

Итак, на суше можно найти два очень существенных указания, говорящих об одном и том же — о положительном движении береговой линии, о продвижении северного Каспия на север.

Еще одно, чрезвычайно важное указание дает рельеф дна северного Каспия. По дну моря от устья Урала к югу и к юго-западу идет «Уральская бороздина» — замечательное понижение, как бы подводная затопленная долина, заметная на огромном протяжении и прослеживающаяся как раз до начала значительных глубин, до того места, к которому П. А. Православлев отодвигал берег Каспия в эпоху выработки русла Волги.

Итак, есть целый ряд указаний геоморфологического характера, свидетельствующих о том, что движение береговой линии на севере положительное, о том, что море наступает на сушу. Это в своем выступлении резко подчеркнул в прошлый раз Л. С. Берг. Есть некоторые указания и другого характера, к которым я вернусь позже.

Однако остается нерешенным вот какой вопрос: исходя из этих геоморфологических данных, недавнее затопление Каспием суши — несомненно. О недавнем можно говорить лишь с геологической точки зрения, а что делается сейчас, что делалось 20 лет тому назад, и что будет делаться 50 лет вперед, на основании приведенного материала — сказать мы не можем.

Сущность геоморфологического метода всем, конечно, ясна и не может возбуждать никаких сомнений. Более сложно для решения этих задач использовать метод изучения осадков. Этот метод является для нас непривычным, потому что этим вопросом до сих пор как следует не занимались, и впервые, может быть, осадки были изучены с достаточной полнотой в последние годы на Черном море.

Придется два слова сказать об этом методе. Представим себе, что в море имеется какая-то точка, и в этой точке отлагаются осадки; чем определяется состав отложений, которые здесь накапливаются?

Этот состав определяется тремя основными факторами. Во-первых, приносом с суши частиц того песка или глины, которые здесь накапливаются. В одну эпоху этих частиц может приноситься много, в другой момент мало, в зависимости от изменений рельефа суши. Второй фактор — условия падения частиц, принесенных с берега, и их сортировка — что определяется, в первую очередь, расстоянием от берега: близко к берегу будут отлагаться пески, дальше — глинистый материал. Там, где имеется небольшая глубина, где волны доходят до дна, они вымывают легко глинистые частицы; течения, проходя над данной точкой, могут проносить илистый материал и позволять падать только более крупным частицам и т. д.

Последним фактором, определяющим состав осадков, в данной точке, является образование в самом море некоторых минеральных тел, которые входят в состав отложений. В первую очередь это — углекислый кальций, в виде порошковатого кальцита и раковин разных моллюсков, затем органические вещества, пирит и т. д.

Если факторы, определяющие строение осадков, будут меняться, то будет меняться, очевидно, состав отложений. Представим себе, что

будет меняться высота прилегающих к данному бассейну участков суши. При этих условиях, очевидно, уменьшится размывание, и на морское дно меньше будет попадать обломочных частиц, а размеры последних будут уменьшаться. Уже по одному этому в рассматриваемой нами точке вместо песков может начать накопляться глина. Если уменьшение высоты местности будет обусловливаться опусканиями, то станет опускаться и берег; море будет увеличивать свои размеры. Стало быть, наша точка станет отодвигаться от берега дальше; а дальше от берега, как мы знаем, отлагается более тонкий материал; может случиться, наконец, что в рассматриваемую точку совсем перестанут достигать обломочные частицы. Таким образом, опускание влечет за собою уменьшение количества поступающих в море обломочного материала и соответствующее изменение осадков. Параллельно с уменьшением обломочных частиц на первый план должны выступить те компоненты осадка, которые вырабатываются в самом море. Тот порошковатый углекислый кальций, который раньше при значительном поступании глинистых частиц составлял небольшую долю осадка, в изменившихся условиях может сделаться главенствующим. Тогда станут отлагаться мелоподобные осадки. Те раковины моллюсков, которые раньше в глинистых или песчаных отложениях были разбросаны и встречались поодиночке, будут накопляться в виде целого пласта ракушек.

Наша экспедиция сделала два пересечения Каспийского моря. Первое — от Апшеронского полуострова к Красноводскому. Этот ход располагался как раз над той выпуклостью, которая отделяет южную глубокую часть моря от северной глубокой части. Дальше был сделан ход вдоль восточного побережья с заходом в Красноводск мимо о. Челекена.

Была пересечена глубокая южная часть с заходом в Ленкорань и были сделаны два хода, которые освещают строение мелководных осадков у западного берега.

Для получения образцов осадков применялись так называемые большие трубки Убекочерназа, которые давали возможность получить колонки свыше 2.5 м длины.

Теперь перейду к общей характеристике каспийских отложений.

В Каспийском море так же, как и в Черном и в других внутренних закрытых морях, иловые отложения начинаются с ничтожных глубин; песок держится у самого берега, или там, где глубина не превышает 10 м. Иногда ил встречается и еще на меньшей глубине. Это представляет большой интерес для геологов, которые должны помнить, что в условиях бассейнов минувшего, которые они изучают, во многих случаях иловые отложения начинались с совершенно ничтожных глубин.

На первый взгляд отложения дна Каспийского моря представляются чрезвычайно однообразными, но ближайшее изучение показывает иную картину. При преобладании иловых отложений цвет осадков на востоке и на западе различный; на западе всюду почти мы имеем серый ил, на востоке же — характерный белый, сильно извест-

ковистый; содержание $CaCO_3$ в этом белом илу доходит до 60—70%. Затем в характере песков также наблюдаются весьма интересные различия. Около западного побережья развиты нормальные пески, состоящие из песчинок различных обломочных минералов; такие же пески имеются и на крайнем востоке, у самого восточного берега, но несколько дальше от берега здесь развиты оолитовые пески, которые, как мне говорил А. И. Михалевский, протягиваются вдоль восточного берега Каспия на очень большое расстояние. Таким образом, здесь в настоящий момент образуются оолитовые известняки.

Эти различия в составе осадков восточного и западного Каспия зависят от различия прилегающих к берегам участков суши, с чем связываются различия в приносе обломочных частиц. С запада к южному Каспию примыкает высокая горная страна с бурными реками, несущими колоссальное количество ила. Поэтому на западе отлагаются нормальные иловые глинистые отложения серого цвета. К востоку от Каспийского моря располагаются низменные пустыни с совершенно ничтожным количеством осадков; оттуда обломочные частицы почти не поступают. Вследствие этого здесь на первый план выступает $CaCO_3$, который на западе образует лишь небольшую примесь к глинистым частицам.

Перехожу теперь к тем фактам, которые непосредственно могут нас заинтересовать в связи с решением вопроса о движении береговой линии. Здесь обнаружились следующие интересные факты.

К югу от Баку, на мелководьи, трубка врезалась в коренные породы, пройдя очень небольшую толщу каспийских отложений.

Около о-ва Челекена мощность современных отложений оказалась также совершенно ничтожной, и трубка, пробив их, врезалась в сильно дислоцированные темные глины.

К северу от о-ва Челекена — то же самое: трубка, пройдя небольшой слой иловых отложений, врезалась в розоватую пеструю породу, явно не современную.

Вы видите, таким образом, что и на одной и на другой стороне моря мощность современных отложений ничтожна, и трубка врезается в коренные породы.

Оказывается, такие факты имеются не только на юге: аналогичный факт известен и на севере. В одной из своих статей П. А. Православлев описывает работу землечерпательной машины к югу от Астрахани, которая поднимала со дна моря торф. Таким образом, мы и здесь, на севере, чуть ли не с поверхности, имеем отложения не морские каспийские, а более древние наземные.

Итак, из четырех пунктов мы имеем данные относительно минимальной мощности современных отложений. Это, как будто бы, свидетельствует, совершенно согласно с геоморфолотическими данными, о том, что прибрежные мелководные участки моря заняты им лишь недавно, что здесь идет затопление — суши.

Обратимся теперь к строению отложений. Просмотр образцов показывает, что в целом ряде случаев в нижних горизонтах ила появляются пески. Таким образом, намечается некоторая закономерность

в том смысле, что состав отложений снизу вверх меняется в таком направлении, что они становятся менее песчанистыми, песок исчезает, заменяясь тончайшим илом. Это стоит в полнейшей гармонии с двумя предыдущими указаниями, намечая, очевидно, передвижение береговой линии, удаление берега, опускание прилежащих участков суши.

Наконец, последний интересный факт, также стоящий в полном согласии с предыдущим, заключается в особенностях распределения в каспийских отложениях органических остатков, именно раковин моллюсков. В большом числе случаев нами наблюдалось изменение в содержании раковин в илу при переходе от нижних частей его к верхним. В нижних частях ила раковины рассеяны отдельными экземплярами на значительном расстоянии одна от другой, кверху же число их сильно увеличивается, и ил переходит в глинистый ракушечник. Это стоит в полной гармонии со всем тем, что я раньше говорил, показывая, что постепенно количество обломочных частиц, поступающих в море, уменьшается; а это, в свою очередь, указывает на расширение границ моря, на положительное движение береговой линии.

Подводя итог всему, что я сказал, можно, мне кажется, с очень большой уверенностью утверждать, что настоящий момент относится или близко примыкает к той фазе жизни Каспийского моря, которая характеризуется в общем положительным движением береговой линии, затоплением прилежащих к нему, в особенности на севере, низких участков суши.

Формулируя таким образом вывод, я хочу подчеркнуть, что мы сейчас не можем определенно сказать, не прекратилась ли уже эта фаза и не сменилось ли опускание в настоящие дни обратным движением, не имеется ли на фоне общего повышения уровня сейчас каких-либо колебательных движений, которые на настоящий момент дают подъем дна на севере. Эти вопросы без специальных дальнейших исследований решить невозможно.

Каковы же специальные исследования, которые должны быть организованы для решения этих важнейших вопросов Волго-Каспийской проблемы?

К ним относятся, прежде всего, нивелировки высокой точности, о которых я уже говорил раньше; нужно иметь в виду, что результаты здесь получаются лишь через очень большое время.

Во-вторых, необходима съемка северной части Каспия. А. В. Вознесенский уже указал насколько плохи наши карты. Это положение совершенно недопустимо. Мы могли бы на Сессии вынести решение: просить Гидрографическое управление и Убекокаспия организовать возможно срочно съемку северного побережья Каспийского моря. Сравнивая прежние съемки с современными, мы могли бы уже сделать ряд интересных выводов и, кроме того, этой съемкой мы положили бы прочную базу для тех дальнейших наблюдений, которые должны еще более уточнить вопрос.

В-третьих, необходимо, чтобы Убекокаспия организовал подробные промеры северной мелководной части моря с тем, чтобы совершенно точно выяснить происхождение «Уральской бороздины»;

эти примеры должны сопровождаться зондировкой для получения грунта.

В-четвертых, должны быть продолжены работы Института геологии и минералогии и Узбекокаспия, направленные к дальнейшему изучению отложений Каспийского моря, с включением в их план мелководной северной части моря, где должны быть хорошо определены распространение и состав торфов, обнаруженных здесь землечерпательными работами.

ПРЕНИЯ

П. А. Православлев. Метод учета осадков, о котором говорил акад. А. Д. Архангельский, широко применяется в исторической геологии для реставрации прошлого. Несомненно, он имеет большое значение и здесь. Однако при его помощи в данном отношении едва ли можно получить решающие результаты. Несомненно, изменения в характере осадков свидетельствуют об изменениях глубины отложившего их водоема. Но отчего последние происходят, от изменения ли водного баланса в Каспии или же от подвижек земной коры в области его дна, они не покажут.

Какие очертания имело Каспийское море, например, в бабаджанское время? Это было сравнительно маленькое болотце. Да и в историческое время уровень Каспия, как известно, значительно изменялся. Это должно было отразиться на отложенных им осадках. Но происходили ли соответствующие обмеления и углубления водоема, на каждом данном участке, от общего изменения объема воды в Каспии, или же от тектонических подвижек в области его дна, на это ответа в самих осадках мы не найдем. Тем более, тот метод, о котором говорил акад. А. Д. Архангельский, неприменим для учета тех мелких дифференцированных движений, о которых идет речь в настоящий момент. Эти колебания идут с небольшой амплитудой и на различных участках Каспия с различным знаком. В виду отсутствия определенных данных о том, что водный баланс в Каспии за то же время не изменялся, что объем воды в его чаше оставался постоянным, едва ли мы сможем получить надежный вывод относительно тектонического значения изменений в характере его донных осадков.

Геоморфологический метод, несомненно, имеет значение, и им следует пользоваться при изучении береговой линии Каспийского моря. Но решить на основании геоморфологических признаков, наступает или же отступает Каспий, например, на юго-западе Волжской дельты, как я уже говорил во время моего доклада, затруднительно. По общему виду местности здесь, как будто бы, происходит наступление моря. Однако характер и расположение нижней надпойменной террасы позволяют предполагать, что здесь еще продолжается отрицательное смещение бывшей береговой линии саринского времени. Да и в пределах того же самого района Волжской дельты, возможно, одни участки испытывают наступление моря, т. е. опускаются, другие, наоборот, поднимаются, или же пока остаются в стационарном положении.

Затем тогда же я сказал, что если югозападная часть Волжской дельты, быть может, опускается, то ее восточная часть несомненно поднимается. Стоит туда проникнуть и сравнить с имеющейся топографической картой действительное положение Каспийского моря, чтобы сразу же было видно, что целого ряда островов, показанных на карте, уже не существует, они спаялись с материком. Береговая линия моря местами отступила на 10—15 км и более.

Акад. А. Д. Архангельский высказывает, как возможное предположение, что северозападная часть Каспия испытывает понижение, береговая линия перемещается со знаком плюс. Это положение мне кажется спорным. По крайней мере относительно изученной мною полосы, между дельтой р. Терека и Волгой, можно с уверенностью сказать, что там идет отступление моря, береговая линия смещается со знаком минус. Я думаю, что для учета тех движений, которые нас в данный момент интересуют и которые важны для Волго-Каспийского строительства, остается единственный путь — инструментальная съемка; геоморфологический же метод является только наводящим, на нем базироваться едва ли возможно. Акад. А. Д. Архангельский указывает на необходимость топографических съемок Каспия. Это то, на чем Комиссия Академии Наук по комплексному изучению Каспийского моря со всею решительностью настаивает, так как карта, например, Северного Каспия совершенно не отвечает действительности. На карте 1933 г., составленной Геодезическим управлением, стоит характерная надпись: просят не верить этой карте, поскольку она касается северного побережья Каспия. Таким образом, этот вопрос действительно нужно разрешить в первую очередь.

По вопросу о том, как изменялся уровень самого Каспия в недавнее, частью в историческое время, существенное дополнение может сделать присутствующий здесь проф. Можаровский, в распоряжении которого имеются ценный фактический материал из разведочного бурения под проектируемую Камышинскую плотину.

Акад. А. Д. Архангельский. Мы предполагали, что в Каспийском море должно быть очень много органического вещества, а на самом деле осадки Каспийского моря чрезвычайно бедны органическим веществом.

Можаровский. Изучение геологии долины р. Волги началось сравнительно недавно, в связи с идеей сооружения мощной плотины. Поскольку буровые работы проводились довольно интенсивно, к настоящему времени накоплен чрезвычайно интересный материал, до некоторой степени освещающий геологическую историю долины р. Волги. Совершенно неожиданно при буровом пересечении на Нижней Волге у г. Камышина, около левого берега, был встречен уступ. Что представляет собою эта впадина, чем она выполнена и как образовалась? Среди осадков этой выполненной впадины, которую пересекала траса Волжской плотины, мы имеем галечники и пески чрезвычайно интересного состава. В этой впадине, пересеченной профилем, оказалось много меловых галек, фосфоритов и т. д., перемесенных, несомненно, из более верхних частей Волги. Таким образом,

совершенно четко на основании анализа выяснилось, что около левого берега и даже под коренным левым берегом проходило древнее русло Волги. Дно этого древнего русла Волги по отношению к современному дну Волги опущено на 18—20 м. Такое же русло было встречено и при пересечении около Сталинграда, причем глубина этого русла была встречена значительно ниже, буровыми скважинами не дошли до дна этого древнего русла. В правом берегу мы имеем коренные породы, а в левом имеются аллювиального типа наносы.

Таким образом, теперь в нашем распоряжении имеются данные, на основании которых можно проследить направление этой впадины или древней долины Волги от верховьев до Сталинграда. Было сомнение, является ли эта впадина древним руслом или тектоническим уступом. Недавно совершенно четко вырисовалась гипсометрия этой впадины: она оказалась шириной, примерно, несколько больше современной долины Волги, глубиной на 18 м. ниже ее дна, выполнена аллювиальным галечником и, главным образом, песчаным материалом и протягивается на большом расстоянии от с. Белградни до Сталинграда (ниже не разведана).

Если возьмем уклоны этого древнего русла Волги, то должны притти к выводу, что русло ее, проходящее около левого берега, впадало в древний Каспийский бассейн, уровень которого, примерно, должен был бы стоять на отметке 45—50 м. Спрашивается, какова же геологическая история Волги?

Мне кажется, что наименьшие размеры Каспийский бассейн имел в конце бакинского времени в астраханский век. Повидимому, при этом сниженном уровне Каспийского бассейна и развивалась долина Волги. Так, по крайней мере, рисуется, если мы будем исходить из колебаний, главным образом, уровня этого бассейна.

В после-бакинское время русло древней Волги заносится песками с зернами полевого шпата, с кристаллическими гальками в большом количестве. Встречаются и гальки местных пород. Среди принесенных издалека валунов попадается особенно много кремней, иногда обломков палеозойских известняков с кораллами. Состав таких песков, по нашему мнению, достаточно убедительно говорит о том, что пески, засыпавшие древнее русло Волги, имеют флювиогляциальный характер.

Здесь опять-таки могут возникнуть споры относительно древности аллювиальных или флювиогляциальных осадков. Эти осадки удалось наблюдать очень далеко: около оз. Баскунчака, имеются они и далее в степи, около оз. Челкара. Затем эти галечники прослеживаются на Сыртах в западной части Казакстана, где они залегают на меловых породах, местами на палеогеновых отложениях, что заставляет допустить, что мы имеем здесь дело с флювиогляциальными отложениями, а не с древне-аллювиальными выносимыми наносами.

Древнее русло Волги совершенно было заметено этим ледниковым материалом. Что же произошло после спада этих вод? Волга вновь прокладывает свой путь по тому же направлению. И в это время флювиогляциальные пески обогащаются галькой местных пород, меловыми и фосфористыми галечниками.

В хвалынское время Волга вновь испытывает перекрытие: совершенно затушевывается направление древней Волги. На осадках древней Волги откладываются нормальные каспийские шоколадные глины хвалынского века и выше — бурые мелкозернистые пески, относимые нами к фазе затухания хвалынского бассейна.

Современная долина Волги прокладывает свое русло в осадках хвалынского века и углубляется до коренных пород. С этого же момента она начинает медленно передвигаться по направлению к правому берегу и в данное время ушла уже от своего древнего русла на 3—4 км в сторону правого берега.

Такова, в самых кратких чертах, история древней Волги. Древнее русло Волги отражает, по нашему мнению, колебания уровня Каспия, и самое низкое снижение уровня Каспийского бассейна падает на конец астраханского века, когда происходит заложение древнего русла Волги. Весьма вероятно, что отмеченное проф. П. А. Православлевым переуглубленное русло Волги в нижнем плесе является естественным продолжением на юг древнего, более глубокого русла астраханской Волги, где, следовательно, не происходило перемещения современной Волги в сторону правого берега и где пути древней и современной Волги совпали.

Акад. И. М. Губкин. Относительно движения береговой линии Каспия или движения самого дна Каспия, несомненно, чрезвычайно большие и характерные данные мы получаем, изучая береговые осадки, которыми в настоящее время сложен берег Каспия. Если восточный берег Каспия остается нам сравнительно мало известен, то западный берег дает довольно большое количество сведений.

Я начну с устья р. Куры. В устьи Куры на значительном расстоянии от современной береговой линии развиваются наиболее молодые осадки Каспийского бассейна, это отложения с *Cardium edule*. Эти отложения развиты как раз по обеим сторонам Куры, и к северу и к югу. Высота, грубо приблизительно, соответствует современному уровню Каспийского моря с незначительным повышением; отметки все отрицательные. Точных цифр я сейчас привести не могу. В нефтяных месторождениях Нефтечала и Мангышлака мы вели разведочные работы мелкими скважинами (их было заложено несколько десятков). Во всех этих скважинах мощные отложения с *Cardium edule* выражены серыми песчанистыми глинами, местами глинистыми песками, с переполняющими их ракушником *Cardium edule* и другими каспийскими формами. Мощность приблизительно около 20 м, даже местами больше. Под ними находится слой, переполненный *Dreissensia polymorpha*, где *Cardium edule* не содержится. Прослой с *Dreissensia polymorpha* перекрывает нижележащие сильно дислоцированные породы среднего апшерона, на значительной площади вскрытые буровыми скважинами. Здесь мы имеем дислоцированную поверхность апшерона, перекрытую прослоями *Dreissensia polymorpha* и другими каспийскими формами, но не содержащими *Cardium edule*, и следующий прослой — отложения, около 20 м, с *Cardium edule*.

Картина рисуется такая: прослой с *Dreissensia polymorpha* и другими формами каспийского типа является одной из террас древнего Каспия, которая на Апшеронском п-ве в настоящее время лежит на значительно более высоком уровне. Я не знаю, какая эта терраса, так как ее фаунистическая характеристика для меня недостаточно ясна, чтобы ее увязывать с какой-нибудь более древней террасой, чем отложения с *Cardium edule*. Но на Апшеронском п-ве все эти террасы поднимаются на довольно значительную высоту.

Мы знаем, что террасовое ложе бакинского яруса, которое залегает более или менее горизонтально, поднимается в пределах Апшеронского п-ва и в соседних местах на высоту до 200 м и больше. Потом идет на разных уровнях по отношению к современному Каспию и к современному уровню моря.

С нашей точки зрения эти террасы без *Cardium edule* в районе Мангышлака и Куры указывают на положительное движение моря. Здесь произошло опущение, за опущением, очевидно, последовал захват этой части участка отложений с *Cardium edule* всей прилегающей Прикаспийской равнины до Джанигабула и т. д., и после этого началось отступление Каспия. Каспий оставил все эти места. Проф. А. В. Вознесенский говорил, что на старых картах Путинский залив рисовался как залив, залитый водой. В настоящее время это место высохло. Это указывает на отрицательное движение уровня Каспийского моря. Были ли эти движения в области Куры и в области Путинского залива одновременными — для меня неясно. Но несомненно одно: мы имеем какое-то отрицательное движение моря, которое оставило эти отложения с *Cardium edule*. Как увязываются эти движения на севере Каспийского моря в той области, о которой докладывали здесь П. А. Православлев и акад. А. Д. Архангельский, сказать сейчас трудно. Обращаю внимание еще на один факт: в настоящее время мы наблюдаем появление отложений с *Cardium edule* в сравнительно близких местах на Каспийском море, например, на о-ве Артема (б. Святой) и др. Отложения эти находятся на разном уровне. В одном месте они подняты на 14 м, а в другом, в современном Каспийском море, подняты приблизительно на 9 м.

Это обстоятельство указывает на то, что очевидно берега Каспия по отношению к уровню, по отношению к его дну, испытывали солидное движение на разных участках. В одном месте происходило опускание, в другом — подъем. Это кажется несомненным. Поэтому, вряд ли можно утверждать, что Каспий в наше время испытывает положительное движение везде, на всех своих берегах.

В статье проф. А. В. Вознесенского, помещенной в «Природе» за 1927 г., есть много весьма любопытных данных о Караван-Сарае, который затоплен в Бакинской бухте. Башни этого Караван-Сарая то появлялись над поверхностью воды, то исчезали. Это была крепость, охранявшая доступ к Баку со стороны моря. Но кто же пойдет со стороны моря?

Проф. А. В. Вознесенским и Ковалевским высказывается предположение, что береговая линия Каспийского моря, во время постройки

башен, была на том месте, где расположены острова, и по этой береговой полосе могло происходить движение кочевников, угрожавших Баку. Теперь все лежит под водой. О том же говорит Дербентская крепостная стена, сейчас уходящая в море.

Следовательно, уже в историческое время мы имеем в этой области положительное движение Каспийского моря, и амплитуда колебания, если я не ошибаюсь, здесь около 40 м.

Отсутствие в данный момент твердо определенных данных объясняется недостаточной изученностью берегов Каспия. В этом отношении я совершенно присоединяюсь к пожеланию, выдвинутому акад. А. Д. Архангельским.

Мне кажется, что сейчас при изучении истории Волги найдено ее древнее русло, относящееся к бакинскому времени. В то же время большой интерес представляют террасы древнего Каспия, которые располагаются в Каспийском бассейне в пределах Апшеронского п-ва. Начиная от 200 м и до современного уровня Каспия, террасы эти не связаны с континентальным оледенением Кавказа, и история этой части Каспия не связана с историей Волги. Это — проблема ближайших дней, имеющая громадное значение. Необходимо тщательно изучить четвертичные отложения в пределах юговосточной части Кавказа и увязать четвертичную историю этой части Кавказа и Каспия с четвертичной историей Поволжья. Интересно было бы подметить закономерность в движении этой области. Эти движения, как мне кажется, имеют громадное значение не только с точки зрения уяснения колебаний Каспия, но они, повидимому, связаны и с тектоническими движениями, происходящими в настоящее время в этой области. Я уверен, что тектоника юговосточной части Кавказа не замерла, продолжается, на что указывают многочисленные факты. Мы знаем молодые террасы Кавказа, лежащие совершенно горизонтально, которые местами поставлены на голову и подняты на значительную высоту.

Итак, включив в сферу изучения четвертичную историю Каспия и увязав ее с четвертичной историей Волги, мы получим более точные данные для суждения не только о прошлом, но сможем говорить и о будущем.

В. Мухин. В последенее время, в связи с изучением четвертичных отложений, получены многочисленные интересные факты, которые подтверждают то, что говорилось здесь о колебаниях Каспийского моря, наблюдающихся не только здесь, но даже далеко на Востоке. Часть этих данных опубликована, часть не опубликована... Дело в том, что около Ташкента в Голодной Степи, при бурении на глубине 17 м, из буровой скважины, в песках, были вынуты раковины *Cardium edule*. В другой скважине, на глубине 56 м, получили раковины *Corbiculae*, пресноводные.

Кроме того, при работе Скворцова в Туркмении, Узбекистане, Казакстане, наблюдался любопытный факт, что все речные террасы кончаются определенными уступами в долину какого-то одного водного бассейна. Если взять высоты этого уступа, то ст. Арысь Таш-

кентской ж. д., высота 310 м, в районе Бухары — 311 м, а в Туркмении — 308 м. Получается как будто бы определенная линия горизонта стояния воды какого-то одного бассейна. Дальше наблюдается, что все барханные полосы дают линию отступания (дюны) стадий Каспийского моря. Эти факты интересны в том отношении, что они тоже подтверждают колебания Каспийского моря, иногда в сторону Волги, иногда далеко на восток. В связи с требованиями постановки исследований в северной части Каспия, мне кажется, необходимо было бы поставить проверку указанных мною фактов на востоке Каспия.

Каминский. Из всего выслушанного я вынес впечатление, что здесь, прежде всего, придается значение геологическим процессам и мало уделяется внимания влиянию на уровень Каспийского моря метеорологических факторов. Если нам удастся установить, как реагирует уровень моря на колебания метеорологических условий, то трудно будет говорить о том, в какой мере здесь действуют геологические факторы. Для выяснения роли метеорологических факторов необходимо, прежде всего, с достаточной полнотой изучить колебания уровня Каспийского моря на большом числе пунктов по всему побережью. Нивелировка большой точности вокруг всего Каспийского моря — крайне необходимая работа, которую откладывать никак нельзя. Я думаю, что это дело не такое сложное и не потребующее больших средств. Конечно, тут нужна будет и дополнительная нивелировка в сторону и повторение нивелировки Апшеронского п-ва и т. д. Но это деталь.

Съемку устья Волги, мне кажется, необходимо произвести посредством аэрофотосъемки, так как обычные съемки не дадут возможности следить с такой полнотой и точностью за этими изменениями.

Л. С. Берг. Я хотел бы сказать несколько слов относительно нахождения *Cardium edule* на Арыси. Об этом имеются указания в литературе, основанные на определении покойного А. П. Павлова. Абсолютная высота этого местонахождения свыше 200 м, и эти данные мне представляются совершенно невероятными: на Каспийском море самая высокая точка это — на о-ве Артема (б. Святой), где *Cardium edule* найден на высоте + 14 м над современным уровнем Каспия, и на берегах Аральского моря, на высоте около 55 м над уровнем океана. Когда я прочитал о *Cardium edule* на Арыси, мне пришло в голову, не завезен ли этот моллюск балластом с Каспия?

Что касается *Corbicula fluminalis*, то она известна в ископаемом состоянии по Иртышу у Омска. Нахождение *Corbicula fluminalis* на Арыси — очень интересный факт, но не переворачивающий наших представлений о геологии Туркестана.

В. Г. Мухин. У Борщова есть указания относительно нахождения *Cardium edule* в сторону Балхаша.

Л. С. Берг. Эти данные относятся к 1857 г., и они совершенно недостоверны, так как, повидимому, это какой-то другой *Cardium*.

Перейду теперь к другим вопросам. Акад. А. Д. Архангельский демонстрировал диаграмму колебаний уровня Каспия, составленную проф. Ковалевским, к которой он отнесся весьма скептически. Я тоже

хочу остановиться на некоторых предположениях Ковалевского, с которыми никак нельзя согласиться. Возьмем историческое время. Для конца XVII в. высота Каспия указана, по данным Олеария, выше современного уровня на 5—6 м. Однако, если поднять уровень Каспия только на 2 м, то Астрахань будет залита, из чего ясно, что эти сведения совершенно неправдоподобны. В дополнение к любопытным фактам, которые проводил акад. А. Д. Архангельский, следует указать, что во время землечерпательных работ в Северном Каспии, примерно на 40 км южнее устья Астрахани, был найден рельеф, соответствующий бэровским буграм; основание бугров находится на 4—5 м ниже современного уровня Каспия.

Те факты, на которые ссылались А. Д. Архангельский и А. В. Вознесенский, не оставляют сомнения в том, что на берегах Каспия наблюдаются тектонические колебания. В этом не может быть сомнений. Но все же я убежден, что та кривая колебаний уровня Каспия у Баку в XIX и XX вв., которую показывал А. В. Вознесенский, в общем иллюстрирует климатические колебания. Хотя, конечно, эти климатические колебания в известной мере затушеваны тектоническими движениями у Баку, но наличие климатических колебаний не подлежит сомнению. Весьма сильное понижение уровня Каспия к 1925 г. наблюдалось по всему Каспию, и несомненно, что оно было вызвано климатическими причинами. Вообще, все крупные колебания имеют климатический характер, и все их мы можем проследить для всего Каспия. Если мы возьмем XVIII в., то можно убедиться, что если около Баку и Красноводска высокий уровень, то такой же уровень наблюдается у устья Волги. Это нетрудно доказать: в 1764 г., на который ссылался А. В. Вознесенский, укрепление Бековича на Красноводской косе было покрыто водой. Оказывается, что уровень Волги в то время (1766 г.) был значительно выше современного. То же мы имеем в 1781—1782 гг. И в это время укрепление Бековича было затоплено водою. Карта дельты Волги, по данным Розена, показывает, что уровень моря был такой же, как в 1766 г., т. е. высокий. Можно привести и другие данные такого же рода, и если проследить историю Каспия за последние 200 слишком лет, то мы можем видеть, что колебания на севере и на юге в общем синхронны, т. е. зависят от причин климатических.

А. В. Вознесенский. Я совершенно согласен, что дождь и осадки по СССР и по всему бассейну Волги будут реагировать на уровень Каспия, и, разумеется, повышения и колебания будут иметь место и в южных частях Каспия. Но речь идет о величине колебаний; я сначала также предполагал, что все это идет совершенно одинаково. В действительности имеется ряд указаний на то, что подъем воды, который на Каспии имел определенную величину, совершенно не согласуется с тем, что мы имеем в Астрахани: в Астрахани и на юге Каспия была высокая вода, но ритм совершенно неодинаковый.

Может быть в методике были кое-какие ошибки. Я слышал сегодня и знаю из предыдущих докладов, что ритм в разных местах раз-

личен, и повышение в отдельных местах — будь то Красноводск, Баку или Махач-Кала — очевидно различное.

Несомненно, увеличение или уменьшение осадков будет отражаться на уровне. Но несомненно и то, что в различных частях Каспийского моря имеют место другие колебания, которые заставляют меняться уровень Каспия. В Красноводске и Баку в определенном месте была разница на 95 мм.

Помимо больших колебаний, которые прослежены у нас и в других местах, следует обратить внимание и на восточный и юговосточный берега моря, где мы имеем много следов, по которым возможно определить историческое время.

Наблюдения над колебанием уровня Каспия следует поризводить более точно. Мне думается, это следовало бы отметить и в резолюции.

А. И. Михалевский. Я хочу высказаться в защиту метеорологических причин для объяснения колебаний уровня Каспийского моря, представленных на нижней кривой. Мною произведен анализ этой кривой, и оказалось, что временные отклонения уровня в ту и другую сторону от столетнего среднего уровня легко компенсируют друг друга. Годы обильных осадков в бассейне Каспия влекут за собой повышения уровня и наоборот. Если же эти колебания объяснять геологическими причинами, то необходимо допустить какой-то ритм колебаний почвы в Баку, поднятия и опускания почвы должны сравнительно быстро следовать друг за другом и всегда компенсировать друг друга, как это следует из анализа кривой, что вряд ли имеет место в Баку. Скорее можно эти колебания уровня уложить в брикнеровский период осадков, на этой кривой двойной брикнеровский период выступает ясно.

А. В. Вознесенский. Каждый шаг на Апшеронском п-ве стоит большого труда; следует отметить, что в отношении того явления, которое было еще в петровское время, на глубине 4 саж. никто не проявляет интереса. Необходимо этим поточнее заняться. Метки мною указаны, гвозди забиты и хотелось бы сохранить этот живой памятник падения уровня.

А. И. Михалевский. После первой работы проф. Вознесенского, которая многих заинтересовала, мы проделали такую работу. Прежде всего, развалины Караван-Сарая были засняты на особый планшет с привязкой с целым рядом точек в г. Баку, а самое главное — на двух башнях, наиболее прочных, которые со времени Филипова сохранились в неизменном виде, мы заложили медные репера, вершка по два диаметром, запустили их на глубину 25 см и зацементировали (башни южные), а потом во время нивелировки Геодезического управления 1928 г. на Апшероне мы решили эти репера связать с меркой 1910 г. генерального штаба на здании военного порта. Это удалось, так как можно было поставить на конце мола военного порта нивелир и сразу читать рейку на башнях Караван-Сарая.

Вторую нивелировку мы проделали с конца пристани сухого дока. Там можно было также поставить прибор и сделать привязку крайней башни с берегом.

Бадер. Речь идет об изменении берега, о колебаниях уровня Каспия, которое зависит от причин геологических и климатических. Эти колебания имеют значение для всего народного хозяйства. Проектируя Большую Волгу, мы боимся понизить или опустить уровень Каспия на 0.5 м, ибо у нас лозунг — ни одного сантиметра понижения уровня Каспия.

Проф. П. А. Православлев. А. В. Вознесенский, А. А. Каменский и другие подчеркивали необходимость основной базы, скрепленной каким-то образом планово и высотно для сравнения всех этих колебаний. Наибольший интерес вызывает изменение Апшеронского п-ва и высотно-плановое изменение дельты Волги.

Акад. А. Д. Архангельский нарисовал чрезвычайно интересную картину древнего русла Урала, продолжение подводной дельты Волги. Я всецело поддерживаю его мысль о необходимости аэрофотосъемки для таких пространств, как дельта Волги, где нет сколько-нибудь устойчивости очертаний. Но аэрофотосъемку следует производить сугубо осторожно, даже более осторожно, чем она производится в устьях американских рек, например, в устьи Миссисипи. Здесь необходима односезонная аэрофотосъемка, приуроченная к чрезвычайно низкому уровню воды Волги и Каспия.

Я прошу настоящую Сессию указать правительственной организации на необходимость односезонной плановой аэрофотосъемки дельты Волги, так как высотная съемка или фотосъемка дают незначительные результаты, особенно в низменных условиях дельты Волги. Для сравнения необходимо заложить основные репера, основные вышки, которые можно было бы снимать поочередно, и затем такие односезонные съемки дельты Волги производить через некоторый промежуток времени, через два — три года.

Акад. А. Д. Архангельский. По существу моего доклада возражений не было. Относительно оолитов около Баку я не знаю, где эти оолиты были найдены. Возможно, что они происходят от разрушения оолитовых известняков, которые встречаются в более древних плиоценовых отложениях.

С акад. И. М. Губкиным у нас нет никаких разногласий, и я совершенно присоединяюсь к тем предложениям, которые он сделал.

Я должен сказать, товарищи, что я ни в какой мере не отрицал нивелировки; наоборот, я сказал, что это вещь необходимая, что я ее всячески поддерживаю, и даже в том, что я говорю, есть уже предпосылка к дальнейшим нивелировочным работам.

Мне остается сказать только несколько слов по поводу выступления П. А. Православлева. Он тоже, повидимому, встревожен тем, что я, якобы, отрицаю нивелировку, и лишь поэтому, как кажется, хочет сказать, что ни геоморфологические наблюдения, ни метод изучения осадков не дадут определенных результатов.

Я еще раз повторяю: я нивелировок не отрицаю, наоборот, всячески поддерживаю. Но мне кажется в высшей степени неясным, можно ли говорить, — если геоморфологические и метеорологические

данные говорят одно и то же о недавнем движении Каспия, весьма возможно какого-нибудь последнего тысячелетия, — можно ли против этого возражать и говорить, что мы все-таки этого не знаем?

Мое выступление я начал с указания на то, что различные участки берега Каспия движутся различно. А между тем П. А. Православлев говорит, что я как будто бы этого не сказал.

Далее, я вовсе не говорил, что геоморфологические и другие наблюдения свидетельствуют определенно о том, что и в настоящий момент мы продолжаем находиться в фазе опускания. Может быть эта фаза прекратилась, и положение сделалось стационарным, может быть она изменилась в обратном направлении. Для решения этих вопросов, которые представляют для нас наибольшую важность, я и рекомендовал те мероприятия, против которых, повидимому, возражений не встретилось.

Заканчивая, я должен отметить, весьма интересные данные, которые сообщил проф. Л. С. Берг относительно бэровских бугров. Я о них ничего не знал. Эти данные говорят о том, что в весьма давнее, вероятно историческое время, произошла большая общая подвижка Каспия по направлению к северу. Если это опускание тектоническое, то это может вызвать различного рода изменения: климатические и т. д. Во всяком случае, этот вопрос подлежит дальнейшему обсуждению, но для проблемы Большой Волги это безразлично.

Председатель. Слово для доклада на тему «Горючие масла волжских сланцев и возможность полного их обессеривания и использования» предоставляется акад. Н. Д. Зелинскому.

Акад. Н. Д. ЗЕЛИНСКИЙ

ГОРЮЧИЕ МАСЛА ВОЛЖСКИХ СЛАНЦЕВ, И ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛНОГО ИХ ОБЕССЕРИВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Среди наиболее важных вопросов, примыкающих к разрешению поставленных на очередь проблем Волго-Каспия, вопросу об использовании битуминозных сланцев, этих биогенных пород, залегающих в громадных количествах в прибрежных зонах волжского бассейна, надлежит уделить также серьезное внимание. Надо иметь в виду, что горючие сланцы Поволжья составляют 74% от всех топливных запасов РСФСР.

Использование сланцев стало вопросом дней и месяцев в первые же годы после Октября, когда мы были отрезаны врагами от естественных своих баз по снабжению углем, нефтью и ее продуктами. Уже тогда первыми опытами доказано было, что сланцами можно пользоваться как топливом, хотя они сравнительно богаты зольными частями, что при полном обжиге, при высокой температуре, минеральный их остаток дает клинкер, обладающий всеми свойствами цемента; что сухая перегонка сланцев дает смолу с легкими и тяжелыми маслами, которые требовали, однако, дальнейшей химической перера-

ботки, чтобы стать продуктами, схожими с теми, которые получаются прямой гонкой из нефти. Это те предварительные данные о возможности использования в народно-хозяйственном отношении волжских сланцев, которые добыты были небольшим коллективом научных и инженерно-технических работников, в состав которого, вместе с акад. И. М. Губкиным, был приглашен и я.

Существенным недостатком смолы горючих сланцев является весьма большое содержание в ней серы в виде органических соединений, по химической природе своей весьма прочно удерживающих серу. Удалить эту последнюю не было никакой возможности. Различные фракции этой смолы при обработке сильно действующими реагентами позволяли удалить только незначительную часть серы, главная же масса ее оставалась прочно связанной в органических соединениях, образовавшихся при термическом разложении сланцев. В легких и тяжелых фракциях этой смолы содержится неудаляемой обычной химической обработкой серы от 7% до 13%. Столь значительное содержание серы обесценивает эти масла. Для освещения и для двигателей внутреннего сгорания они совершенно непригодны.

Так стоял вопрос об использовании сланцевых масел около десяти лет тому назад. Освободив от врагов нефтеносные месторождения наши, мы получили возможность вновь пользоваться нефтяными продуктами и забыли о сланцах. Только в последние годы вспомнили о том внимании, с которым В. И. Ленин относился к сланцевой проблеме вообще, и вновь возник интерес к широкому использованию волжских сланцев и для химической промышленности. Для превращения масел в полезный горючий материал требовалось прежде всего удаление из них серы.

За последние годы опыт Америки показал, что удаление серы из нефтяных продуктов, содержащих обычно небольшое количество серы, можно осуществить под давлением водорода в автоклавах при повышенной температуре. Такие опыты, поставленные у нас в СССР, — в Грозном, Ленинграде и Москве, — также дали положительные результаты, и даже сланцевые масла с высоким содержанием серы могли быть почти вполне очищены от серы, применяя тот или иной контактный материал, загружаемый в автоклав.

В моей лаборатории МГУ разработан метод обессеривания до конца как нефтяных, так и сланцевых масел *катализом при обыкновенном давлении*. У нас есть подходящие катализаторы для проведения этого процесса, *не применяя высоких давлений*.

Разрешение этой задачи было для нас совершенно неожиданным; казалось совершенно ясным, о чем мне приходилось и писать, что только высокое давление под водородом позволяет удалить серу в виде сероводорода.

Начало работ, разрешивших возможность обессеривания простым приемом, не преследовало этой задачи. Меня интересовал другой вопрос: те поверхностные явления на металлических катализаторах, которые обусловливают их отравление. Решено было поставить опыт каталитического гидрирования тиофена; сера в нем очень

прочно связана, и можно было ожидать, что благодаря этому при высокой температуре гидрирование пройдет гладко без нарушения активных центров катализатора.

Сотрудничество в этой работе я предложил И. Н. Тиц. Прежде всего надо было получающийся синтезом тиофен освободить от тех примесей сернистых соединений, которые сообщают ему характерный противный запах и заведомо парализуют активность катализатора. Очистив тиофен от этих примесей и получив вполне индивидуальный с приятным запахом препарат тиофена, мы подвергли его гидрогенизации при 100° в присутствии платинированного активного угля. Первые капли катализатора указывали, что присоединение водорода к тиофену имело место, но вскоре гидрирование прекратилось, и активная поверхность платины была отравлена. Стало ясно, что получить тетрагидро-тиофен таким образом невозможно.

Повысив температуру до 300° в атмосфере водорода, мы заметили, что в этих условиях при обыкновенном давлении каждая капля тиофена, пройдя над платинированным углем, освобождает серу тиофена в виде сероводорода.

Не сделав этого наблюдения, нельзя было приступить к работам по обессериванию нефтяных и сланцевых масел: настолько высокие давления, казалось, были необходимы для этого процесса.

Не ставя обессеривания этих масел в план научно-исследовательских работ, которые ведутся у меня в лаборатории, пришлось теперь взяться за это дело, чтобы выяснить, насколько платина, никель и другие металлические катализаторы могут осуществить при обыкновенном давлении обессеривание нефтяных и других масел.

В течение трех лет мы вели эту работу. Прежде всего были поставлены опыты по обессериванию бензола, содержащего тиофен. Достаточно было один раз провести такой бензол над катализатором при 300°, чтобы вполне освободить его от тиофена. Таким образом было показано, что гораздо проще так вести очистку технического бензола, чем обработать его серной кислотой.

Следующие опыты были нами поставлены с сульфидами: амилсульфид количественно превращен был гидрированием в наших условиях в пентан; бензил-сульфид — в толуол (главным образом) и дибензил.

Такой результат уже позволил нам приступить к обессериванию нефтяных и сланцевых масел. Легкие и тяжелые масла уральской нефти (Пермь), содержание серы в которых колеблется от 1 до 3%, были нашим методом обессеривания доведены до полного отсутствия в них соединений, содержащих серу. То же было сделано и по отношению к стерлитамакской нефти. Очищенные от сернистых веществ масла эти потеряли свойственный им неприятный запах и сделались совершенно схожими с чистыми нефтяными маслами прямой гонки.

Далее взяты были на испытание сланцевые легкие и тяжелые масла, содержащие от 7 до 13% серы. Здесь наблюдалось то же явление: связывание серы и затем обильное и полное выделение сероводорода при температуре в пределах 300 — 350°. После довольно про-

должительной работы катализатор начинает «уставать», менее активно работать; тогда удается его регенерировать в контакте с кислородом воздуха, после чего он снова хорошо действует.

Почти все металлы платиновой группы пригодны для обессеривания органических соединений. Другим недорогим катализатором в процессе обессеривания является никель, отложенный на гидрате окиси алюминия, впервые приготовленный в 1924 г. у меня в лаборатории и служащий для гидрогенизации непредельных соединений вообще и дегидрогенизации гексагидро-ароматических соединений. В этом случае первое время обессеривание идет, не сопровождаясь выделением сероводорода, который частью связывается никелем, частью адсорбируется окисью алюминия. Спустя некоторое время, с повышением температуры до 350°, начинает освобождаться сероводород. После такой продолжительной работы активность катализатора ослабевает. Регенерирование также осуществляется нагревом в воздухе, причем вся связанная сера удаляется в виде сернистого газа, и катализатор снова пригоден к реакции обессеривания.

У нас имеется железная (стальная) трубка, заполненная таким катализатором, который ни разу не вынимался из этой трубки-реторты и работает в течение двух уже лет, подвергаясь периодическому регенерированию.

Должно заметить, что испытанные нами катализаторы, ведя активно обессеривание, утрачивают способность к процессам гидрирования и дегидрирования, а потому химическая природа углеводородов, входящих в состав нефтяных и сланцевых фракций, после удаления из них сернистых соединений, остается без изменения.

Я не останавливаюсь здесь на объяснении механизма катализа, ведущего к удалению серы из органических ее соединений; химику механизм этот понятен, хотя теоретическое толкование его может быть разно выражено.

Принимая во внимание большое содержание серы в продуктах сланцевой смолы и то, что она может быть выделена в виде сероводорода, становится ясным, что развитие термического разложения сланцев увеличит запасы серы СССР. Каждые 100 кг сланцевых масел при их обессеривании дадут в среднем 100 кг серы.

ПРЕНІЯ

Акад. Н. С. Курнаков. Я вполне приветствую те работы, которые облегчают самую реакцию и дают еще больший эффект. Желательно, чтобы из области лабораторных опытов это дело перешло в область заводских и полузаводских работ.

Акад. Н. Д. Зелинский. Опять, может быть, мы встретимся с такими же явлениями, как 10 лет тому назад: нефть у нас идет в воду, между Уралом и Волгой имеется Стерлитамак, и опять мы получим много драгоценного топливного материала.

Поэтому я просил бы, если вы найдете это существенным, чтобы в резолюцию был внесен пункт о том, насколько важны хими-

ческие исследования, чтобы получить масла и, кроме того, подобные продукты углеводорода.

Браун. Какова участь всех составных частей сланцевой смолы?

Акад. Н. Д. Зелинский. Фенол, заключающий серу, тоже будут обессеривать, но от фенолов легко избавиться, их надо обрабатывать едкими щелочами.

Браун. Подводился ли баланс серы при процессе обессеривания? У вас выделился водород, часть серы садилась на катализатор, у вас получалось полное обессеривание. Теоретически это трудно представить.

При наших опытах полного обессеривания не получалось, мы достигали только 80%.

Акад. Н. Д. Зелинский. Я говорю, что мы достигали нуля серы, я бы не сообщал об этом, если бы это не было так.

Браун. Баланс серы подводился? Скажем, у вас в сланцевой смоле 9% серы, при пересчете это составляет 30%. При обессеривании выделяется водород. Часть серы садится на катализатор.

Акад. Н. Д Зелинский. В виде сероводорода.

Браун. Как быстро восстанавливается катализатор?

Акад. Н. Д. Зелинский. Много дней надо работать, чтобы он стал менее активным. У нас есть железная реторта, которая два года работает, именно с никелевым катализатором. Тиофен обессеривается несколько труднее, но в результате все-таки получается сероводород.

Браун. Обследовали ли вы этот продукт с точки зрения серы?

Акад. Н. Д. Зелинский. И с точки зрения кипения и с точки зрения коэффициента лучепреломления, все это производилось.

А. Д. Петров. В ваших условиях при 100° кислород содержался, производилось ли гидрирование?

Акад. Н. Д. Зелинский. Мы гидрировали сланцевые масла так, как они получались. Я просил бы тех, кто интересуется этим вопросом, пожаловать ко мне в лабораторию. Я вам покажу, что та смесь, которая обладает скверным запахом, часто желтоватая, превращается у нас в прозрачное вещество без запаха с содержанием 0.0017% серы.

Каждое исследование несомненно влечет за собой ряд вопросов, которые иногда могут быть недоуменными вопросами. Есть простой путь — вести тот процесс, который иначе ведется в условиях чрезвычайно насильственных. Следовательно, еще предстоит работа, которая детально должна выяснить этот вопрос, потому что мы должны осветить этот вопрос, быть во всеоружии. Мы будем им заниматься. Это не значит, что я вам сообщил — и конец; мы и дальше будем вести эту работу. Во всяком случае, установлен факт, что можно вести обессеривание в тех условиях, которые я вам изложил.

Председатель. Я считаю, что вопрос, который поставлен и разрешен Н. Д. Зелинским, хотя он говорит и не окончательно — имеет колоссальное значение.

Если до сих пор мы применяли метод обессеривания в пределах Бакинского и Грозненского районов, то сейчас, в связи с получением сернистой нефти на востоке нашего района, вдоль западных склонов Урала, вопрос обессеривания этих нефтей получает огромное значение.

Далее, вопрос обессеривания сланцевой смолы, а следовательно и ее промышленного освоения, имеет громадное значение. Некоторые называют горючие сланцы нефтяной рудой — это название очень правильно и характерно.

Наши общие запасы нефти, не считая Сибири, на данный момент определяются цифрой порядка 3 млрд., а сернистые наши запасы насчитывают десятки миллиардов тонн.

Если допустить, что самый скромный выход из сланцевой золы будет приблизительно 10% — хотя некоторые сланцы будут иметь гораздо более высокий процент выхода, — то ясно, какие здесь открываются колоссальные возможности! Если бы даже у нас истощились запасы нефти, то в сланцах мы имели бы еще миллиарды тонн жидкой сланцевой золы.

Когда мы с акад. Н. Д. Зелинским в 1919 — 1920 гг. начали работать со сланцами, то первым возражением против химического их использования было указание на присутствие в них огромного количества серы: что будет с вашим автоклавом и т. д., все это будет разъедено, станет никуда негодным. Владимир Ильич Ленин в 1921 г. буквально пророчески предсказал, что пройдет может быть еще несколько лет, может быть десятков лет, и сланцы доставят нашей советской стране многие миллионы тонн этого горючего ископаемого! И вот, со дня смерти прошло 10 лет, и сланцы вступили в область промышленного использования. У нас есть особое Сланцевое объединение, которое сейчас занимается промышленной разработкой горючих сланцев.

Товарищи, работа нашей Секции подошла к концу. В работе Секции, помимо академиков и научных работников Академии Наук, приняли участие в представители других научных учреждений нашего Союза. Шла дружная, так сказать, кооперативная работа различных геологических организаций, и вопросы, которые были поставлены на секции, получили максимальное всестороннее освещение. Такой контакт работы Академии Наук с другими научными организациями является чрезвычайно полезным. Устанавливается живая связь Академии Наук с широкими научными кругами нашего Союза; это будет оплодотворять научную мысль и работу Академии Наук и наоборот — опыт этого высоко-научного учреждения страны будет передаваться и в другие научные учреждения.

Разрешите эту живую связь научной работы Академии Наук с научной работой других многочисленных учреждений нашего Союза приветствовать и пожелать, чтобы эта связь и в будущем росла и крепла.

От имени президиума Секции разрешите всем работникам, принимавшим участие в наших заседаниях, выразить горячую благодарность.

(Заседание закрывается)

СЕКЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

ЗАСЕДАНИЕ 27 НОЯБРЯ 1933 ГОДА

Председательствует акад. Н. Н. Павловский.

Председатель. Разрешите открыть заседание секции. Прежде чем приступить к докладам, позвольте отметить, что в состав Бюро секции входят следующие товарищи: акад. Н. Н. Павловский (председатель), акад. Б. Е. Веденеев, инж. П. П. Лаупман, доц. И. И. Леви, инж. В. И. Давидович (ученый секретарь).

Имеется предложение: просить акад. С. А. Чаплыгина и проф. М. М. Гришина войти в наше Бюро (*принимается*).

Мы полагаем, что некоторые сводные резолюции по докладам будут составлены на нашем заключительном заседании. Сегодня будем принимать заключения по каждому докладу в отдельности. Первый доклад И. И. Леви: «Проблема наносов в связи с реконструкцией Волги».

И. И. ЛЕВИ

ПРОБЛЕМА НАНОСОВ В СВЯЗИ С РЕКОНСТРУКЦИЕЙ ВОЛГИ

Реконструкция Волги преследует три главнейших задачи: 1) превращение Волги в крупнейшую глубоководную магистраль Союза, соединяющую Белое, Балтийское, Черное и Каспийское моря; 2) создание на Волге мощных гидроэнергетических узлов и 3) использование вод р. Волги для орошения Заволжья и Прикаспийской низменности. Для достижения этих целей на Волге проектируется ряд мощных гидротехнических сооружений с подпором от 10 до 25 м, устройство водохранилищ на Оке, Каме и Верхней Волге для регулирования стока, а также дополнительное питание Волги путем использования части стока северных рек и вод р. Дона. В результате всех этих мероприятий на Волге будут достигнуты пятиметровые глубины, создание которых составляет важнейшую народно-хозяйственную задачу.

При оценке тех изменений, которые произойдут в режиме речного потока после зарегулирования стока и осуществления дополнительного питания реки, необходимо помнить, что Волга протекает в подвижном песчаном русле, пронося большое количество взвешенных и донных наносов и образуя на своем пути перекаты, косы и отмели. Обстоятельство это обязывает нас вести регулирование стока с таким расчетом, чтобы речной поток смог выработать новое

русло, способное проносить наносы, которые будут поступать в него с вышележащих участков, и обладающее необходимыми глубинами. Такого рода задача, очевидно, неразрешима без исчерпывающего анализа вопроса о транспортирующей способности водного потока.

Не менее существенную роль играет поставленная здесь проблема транспортирующей способности потока и в вопросе об изменении режима реки в верхнем и нижнем бьефе плотин. Наблюдаемые при этом процессы мыслятся нами в следующем виде. В то время как в верхнем бьефе будет происходить отложение наносов, в результате которого возникнут затруднения для судоходства, в нижнем бьефе будет наблюдаться размыв дна вследствие освобождения энергии, затрачиваемой потоком на перенос твердого материала. Как бы медленно ни протекали эти явления, они проявятся уже в первый год эксплоатации плотин. В первую очередь обнаружатся отложение донных наносов в местах выклинивания подпора и размыв нижнего бьефа непосредственно за плотиной. Затем гряда донных отложений начнет постепенно передвигаться вниз до тех пор, пока весь бьеф вплоть до сооружения не окажется занесенным. Чем длительней будет период занесения верхнего бьефа, тем значительней будут изменения режима потока в нижнем бьефе: размыв дна будет распространяться постепенно вниз, в результате чего уровень воды у плотины может заметно снизиться. Такие явления нередко наблюдаются на реках с подвижным руслом, представляя значительную опасность для устойчивости плотин.

Наряду с вышеприведенным можно указать целый ряд других инженерных задач, разрешение которых тесным образом связано с проблемой наносов. Особенно существенны для строительства гидротехнических сооружений на Волге такие вопросы, как установление степени размыва русла, стесненного перемычками, расчет донных промывных галлерей гидростанций и водоприемников и расчет крепления русла в нижнем бьефе плотин.

Внимательный анализ отмеченных здесь вопросов показывает, что основное, с чем приходится считаться инженеру при исследовании речных потоков с подвижным руслом, представляет собою движение донных наносов.

Влияние, которое оказывают донные наносы на гидравлические элементы потока, гораздо существеннее, нежели влияние взвешенных частиц. Вот почему при изучении проблемы наносов важнейшей задачей является исследование вопроса о законах транспортирования потоком донных наносов. А это означает, что только исчерпывающий анализ этого вопроса может дать инженерам ключ к решению тех многочисленных задач гидротехники, которые в той или иной мере связаны с проблемой наносов.

§ 1. Несмотря на огромное значение, которое имеет проблема наносов для гидротехники вообще и в частности для реконструкции Волги, теоретический анализ явлений размыва и перенесения наносов стоит на невысоком уровне. Существующие теории движения донных наносов крайне несовершенны. Наиболее распространенная теория Kreuter'a, построенная на взглядах Du Boys'a, предполагавшего, что

движение наносов происходит несколькими слоями, — существенно расходится с современными представлениями об этом явлении, согласно которым наносы движутся одним слоем поверх гряд, образующихся на дне русла (фиг. 1). Другие теории, среди которых упомянем теории Schaffernak'a и Schoklitch'a, носят эмпирический характер. Schaffernak строит свою теорию на основе экспериментальных исследований, анализ которых приводит его к эмпирической формуле, связывающей количество передвигаемого потоком наноса G с донной скоростью v_g и имеющей вид

$$G = cv_g^2 \quad \text{(для наносов крупнее } d > 5\text{—}10 \text{ мм)} \ldots . (1)$$

Такого рода зависимость далеко не решает задачи, так как из нее совершенно нельзя уяснить, как влияет шероховатость русла и его глубина на величину размывающих скоростей. Между тем, многочисленные экспериментальные исследования давно указывали на безусловную зависимость размывающих скоростей потока от глубины, а значит и от относительной шероховатости.

Фиг. 1.

Иначе решает рассматриваемую задачу Шоклич. Анализируя вопрос о движении наносов в речных потоках, он приходит к выводу, что наши знания по этому вопросу крайне несовершенны. Неопределенность ширины донного потока наносов, значительные колебания состава наносов, трудность правильного установления уклона и, наконец, отсутствие надлежащей теории — не позволяют вести точный расчет движения наноса в естественных потоках; он полагает поэтому, что можно говорить только о приближенной оценке движения наносов. В своих теоретических выводах Шоклич исходит из общих энергетических представлений о работе, затрачиваемой потоком на передвижение наноса, принимая в первом приближении скорость донного наноса пропорциональной средней скорости потока.

Формула Шоклича, имеющая вид

$$G = ci(Q - Q_0), \ldots . (2)$$

была проверена им в лабораторных условиях, в результате которых он принял, что

$$G = ci^2(Q - Q_0), \ldots . (3)$$

где:

Q — расход в реке,
Q_0 — тот расход, при котором наносы приходят в движение,
i — уклон потока и
c — коэффициент, зависящий от характера наноса.

Полученная в таком виде формула имеет некоторые преимущества перед формулой Шаффернака, так как ею учитываются начальные условия движения наноса; в остальном ей присущи те же недостатки, какие имеет формула Шаффернака. Однако, введение в расчет

величины Q_0 для оценки начальных условий движения наноса едва ли может быть признано удачным, так как в каждом отдельном случае Q_0 должно определяться из непосредственных наблюдений; то же самое относится и к величине коэффициента c; поэтому производство расчетов по этой формуле крайне затруднительно.

Не касаясь здесь других теоретических исследований, из которых наиболее серьезными являются работы проф. В. Н. Гончарова, а также исследования проф. М. А. Великанова о размывающих скоростях, можно утверждать, что теория донных наносов мало разработана, так как ни одна из существующих работ не дает исчерпывающей зависимости для определения транспортирующей способности потока.

§ 2. Изыскивая пути для решения вопроса об отложении наносов в подпертых бьефах, Шаффернак пришел к выводу, что основным оперативным средством для этой цели должна служить зависимость между средней донной скоростью потока и количеством передвигаемого им наноса. Он развил эту мысль в своем докладе Международному энергетическому конгрессу в 1927 г., подтвердив ее рядом примеров. Логичность построений, сделанных Шаффернаком, не вызывает решительно никаких сомнений. Действительно, в то время как при расчете потоков, протекающих в неподвижном русле, основным оперативным средством является формула Шези, связывающая между собою скорости потока, его глубину, уклон и шероховатость, при расчете подвижных русел решающее значение приобретает зависимость скорости потока от количества передвигаемого наноса. При этом нельзя забывать все остальные факторы, сопутствующие движению потока и играющие не менее существенную роль, а именно глубину, уклон и шероховатость русла; однако, здесь эти факторы могут быть заменены критической скоростью размыва, которая, как известно, зависит от глубины, а значит и от шероховатости русла.

В подтверждение этому выскажем следующие соображения.

При установившемся режиме должно существовать равновесие между касательными усилиями, создаваемыми потоком в придонном слое, и силами трения, развиваемыми движущимся наносом. Так как касательные усилия зависят от скорости потока, а силы трения, развиваемые наносом, — от скорости его движения, которою и определяется расход наноса, то можно утверждать, что каждому расходу наноса должна соответствовать вполне определенная величина скорости потока. При этом должна учитываться шероховатость дна и стенок, влияющая на величину скоростей, и форма русла, влияющая на распределение скоростей по сечению.

Из всего сказанного вытекает и общая схема рассмотрения проблемы наносов, сводящаяся на первой стадии к установлению зависимости между скоростями потока и количеством передвигаемого им наноса в условиях установившегося равномерного режима.

Дальнейший переход к неустановившемуся режиму потока не представит значительных затруднений, если поставленная задача будет решена с исчерпывающей полнотой. Это решение и даст нам основной закон сопротивления при течении потока в подвижном русле.

§ 3. Обращаясь к теоретическому анализу поставленной задачи, рассмотрим прежде всего начальные условия сдвига наносов.

Одной из последних по времени формул для размывающих скоростей потока является формула проф. М. А. Великанова, согласно которой

$$\frac{u^2}{gd} = \alpha + \frac{\beta}{d}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

где:

u — скорость потока,

α — некоторое безразмерное число, равное 14,

β — величина, имеющая линейную размерность и равная 6 мм,[1]

d — диаметр частиц.

Из этого уравнения вытекает, что закон Эри справедлив лишь при достаточно больших размерах зерен и что существует нижний предел средней скорости, при котором даже самые мелкие частицы не могут быть сдвинуты с места.

Полученную проф. М. А. Великановым зависимость нельзя признать достаточно совершенной, так как она не учитывает влияния глубины потока и шероховатости русла. Впоследствии проф. М. А. Великанов внес в свою формулу поправку, учитывающую влияние глубины, заменив β через произведение βh; однако, в таком виде эта зависимость также вызывает некоторые сомнения.

Для того, чтобы правильно учесть все факторы, влияющие на величину размывающих (или, как мы ранее назвали, критических) скоростей потока, рассмотрим условия равновесия верхнего слоя наносов.

Для простоты расчета будем исходить из условий плоской задачи и примем, что дно русла сложено из песка однообразной крупности диаметром — d.

Введем следующие обозначения:

u — скорость потока,

u_0 — размыв. скорость,

h — глубина потока

λ — коэфициент сопротивления,

g — ускорение силы тяжести,

τ_g — касательное усилие, развиваемое потоком в придонном слое, отнесенное к единице площади,

W — сопротивление трения наноса,

f_0 — коэффициент трения наноса,

γ — объемный вес воды,

γ' — объемный вес наноса в воде.

Величина касательного усилия, развиваемого в придонном слое,[2]

[1] Сообщение № 31 Гос. Научно-исследовательского института сооружений: Исследование размывающих скоростей.

[2] Под касательным усилием мы понимаем тангенциальную составляющую сил трения, развиваемых в придонном слое.

как известно из гидравлической теории турбулентного потока, может быть выражена в виде

$$\tau_g = \gamma \cdot \frac{\lambda \cdot u_\partial^2}{g} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

где u_g — донная скорость.

Сопротивление трения наноса

$$W = f_0 \cdot \gamma' \cdot d \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Приравнивая τ_g и W, получим, что

$$\gamma \frac{\lambda u_\partial^2}{g} = \gamma' \cdot f_0 \cdot d \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Заменяя u_∂ через среднюю скорость при помощи зависимости

$$u_\partial = \varphi \cdot u \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

и принимая во внимание, что коэффициент сопротивления λ зависит от шероховатости русла и глубины и в общем виде может быть представлен в виде

$$\lambda = \psi(h_1, d), \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

получим:

$$u_0 = \sqrt{\frac{f_0 \cdot \gamma'}{\varphi^2 \cdot \gamma} g d} \sqrt{\frac{1}{\lambda}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Стоящее под корнем выражение $\frac{f_0 \gamma'}{\gamma \varphi^2}$ можно обозначить через a^2, после чего u_0 станет равным

$$u_0 = a \sqrt{gd} \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Из формулы вытекает, что размывающая скорость зависит не только от диаметра сдвигаемых зерен, но также и от ряда других факторов.

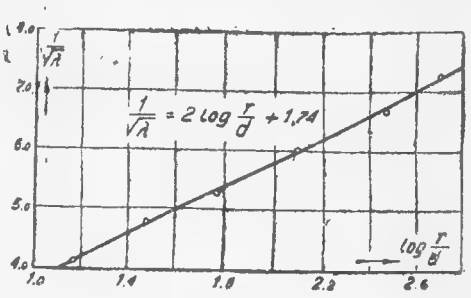
Прежде всего существенное значение имеет коэфициент φ, зависящий от распределения скоростей в потоке, т. е. в значительной степени от формы русла; далее, весьма большое влияние на величину размывающих скоростей оказывает коэффициент сопротивления λ.

До самого последнего времени коэффициент сопротивления определялся на основании формул Базена, Гангюлье-Куттера, Маннинга и др., что следует признать крайне несовершенным и несоответствующим природе вещей. В работах Мизеса и Фромма впервые была сделана попытка учесть влияние относительной шероховатости. Однако лишь в последних работах знаменитого немецкого гидродинамика проф. Л. Прандля было найдено правильное решение вопроса о коэффициенте сопротивления путем введения в рассмотрение относительной шероховатости русла $\frac{r}{d}$, где r — радиус трубы, d — диаметр зерен, слагающих русло.

На основании многочисленных исследований с шероховатыми трубами Никурадзе установил, что

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = c \ln \frac{r}{d} + b \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12)^1$$

Этими экспериментами охвачен весьма широкий диапазон значений $\frac{r}{d}$ от 15 до 600, и в пределах полученных данных указанный закон вполне оправдался, что хорошо видно из графика (фиг. 2). Этот результат замечателен по простоте и, будучи обоснован исключительными по тщательности и совершенству примененных приемов опытами, должен получить широкое применение в практической гидравлика.



Фиг. 2.

Введем выражение (12) в полученную нами формулу (11); получим:

$$u_0 = a \sqrt{gd} \cdot \left[c \ln \frac{h}{d} + b \right] \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13)^2$$

$$\frac{u_0}{\sqrt{gd}} = a_1 \ln \frac{h}{d} + b_1. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

Для проверки полученных зависимостей воспользуемся опытами проф. Великанова, на которые мы уже ссылались ранее, и построим график

$$\frac{u_0}{\sqrt{gd}} = \psi \left(\ln \frac{h}{d} \right), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

откладывая по оси абсцисс

$$\ln \frac{h}{d}$$

и по оси ординат $\frac{u_0}{\sqrt{gd}}$.

Помимо опытов Великанова, нанесем на этот график также результаты наших исследований.

Прежде чем перейти к оценке полученных результатов, необходимо отметить, что из опытов Великанова мы взяли те значения скоростей, которые отвечают началу срыва отдельных частиц; скорости, соответствующие сплошному влечению, зависят уже от количества передвигаемого потоком наноса и поэтому не характерны для началь-

[1] L. Prandtl. Neuere Ergebnisse der Turbulenzforschung. V. D. I. 4. Febr. 1933, Bd 77, № 5.

[2] Здесь мы заменили r через h.

ных условий сдвига. Но первый предел скоростей (срыв отдельных частиц), как указывает Великанов, не мог быть уловлен с достаточной точностью, что вполне отчетливо видно из результатов экспериментов. Поэтому не удивительно, что точки на графике сильно разбросаны. Правильнее всего было бы определять u_0 из условий прекращения размыва, так как этот момент может быть уловлен без особых затруднений и с бо́льшей степенью точности.

Несмотря на разбросанность точек (фиг. 3), общий закон увеличения размывающих скоростей пропорционально $\ln \frac{h}{d}$ для весьма значительного диапазона значений $\frac{h}{d}$ (от 40 до 1000) вполне подтвердился.

На основании рассмотрения этих данных можно принять для размывающих скоростей в первом приближении формулу

$$u_0 = 1.4 \cdot \ln\left(\frac{h}{8d}\right) + 0.5 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

Однако при малых значениях $\frac{h}{d}$ эта формула не оправдывается. Экспериментальные данные указывают на то, что в этой области отношение $\frac{u_0}{\sqrt{gd}}$ стремится к постоянной величине. Этот результат нельзя считать неожиданным. Во-первых, в опытах Никурадзе низший предел значений $\frac{h}{d}$ равен 30; как раз при меньших значениях $\frac{h}{d}$ и наблюдается расхождение в результатах наших опытов с опытами Никурадзе. Во-вторых, при малых значениях $\frac{h}{d}$ мы приближаемся к тому верхнему пределу, при котором должен быть справедлив закон Эри; этот случай соответствует таким значениям величины зерен, слагающих русло, при которых они выходят из границ придонного слоя.

В последнем случае мы должны притти к зависимости

$$u_0 = a\sqrt{gd}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

что и вытекает из экспериментальных данных.

Подбирая для этой небольшой области глубин

$$\left(\text{от } \frac{h}{d} = 10 \text{ до } \frac{h}{d} = 50\right)$$

различные функции, мы пришли к формуле вида

$$\frac{u_0}{\sqrt{gd}} = a_1 \operatorname{ctg} h\left(\frac{1}{\ln \frac{h}{cd}}\right) + b_1 \quad \ldots\ldots \quad (18)$$

при тех же параметрах

$$a_1 = 1.4 \qquad b_1 = 0.5$$
$$c = 8$$

Ясно, что при малых значениях $\frac{h}{d}$ мы приближаемся к значениям

$$\operatorname{ctg} h\left(\frac{1}{\ln\frac{h}{cd}}\right),$$

близким к единице, при которых справедлив закон Эри.

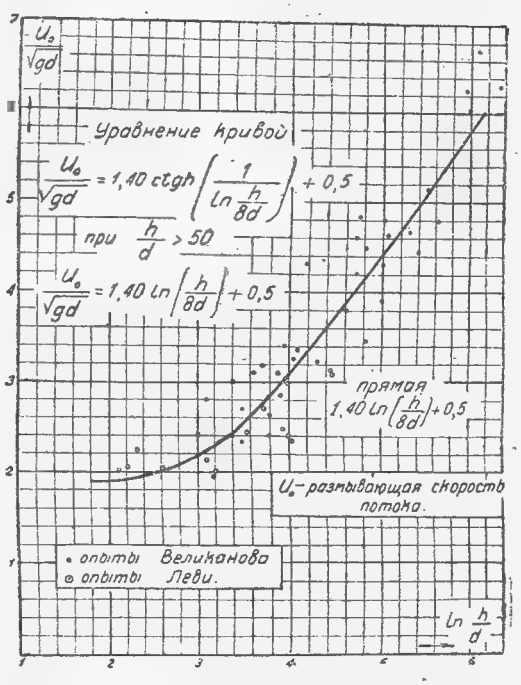
При больших значениях $\frac{h}{d}$

$$\operatorname{ctg} h\left(\frac{1}{\ln\frac{h}{cd}}\right)$$

стремится к

$$\ln\frac{h}{cd},$$

и тогда справедлива формула (16), что и требовалось доказать.



Фиг. 3.

§ 4. Опыт показывает, что движение донных наносов сопровождается образованием на дне русла гряд. Наносы перекатываются поверх гряд, падают с гребня их на дно и далее переходят на новые гряды. Самый характер движения частиц крайне сложен: они то перекатываются потоком, то смываются им; моментами движение их приобретает скачкообразный характер.

Неудивительно поэтому, что большинство исследователей рассматривает движение наносов как особое явление и называет его влечением, понимая под этим всю сумму тех сложных пертурбаций, которые испытывают частицы при движении.

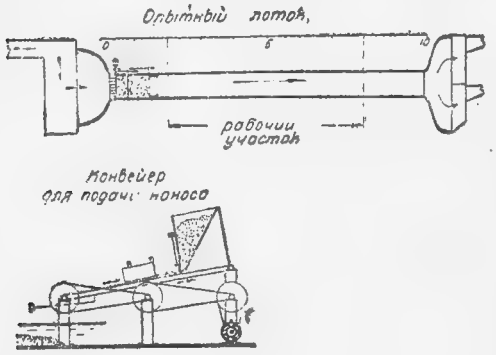
Описанная схема движения донного наноса позволяет установить два пути для теоретического рассмотрения этого явления; с одной стороны, можно определять расход наносов как произведение их скорости на толщину слоя, и тогда центральной задачей является установление зависимости скорости наноса от скорости потока; с другой стороны, расход наноса можно определять как произведение высоты гряды на ее скорость; в последнем случае главное внимание приходится уделять вопросу об условиях возникновения и форме гряд, а также о скорости их движения.

Так как, однако, вопрос о форме и размерах гряд совершенно не изучен ни экспериментально, ни теоретически, мы принуждены избрать первый путь, рассматривая явление как квази-установившееся и близкое к равномерному. Это допущение не вполне соответствует действительности, ибо наличие гряд придает движению потока неустановив-

шийся характер; однако, с достаточной для практики степенью вероятности можно принять, что передвижение гряд носит вполне устойчивый характер, так что в каждом сечении потока по прошествии определенных промежутков времени возникают вновь те же условия и те же гряды, какие существовали в начальный момент.

Если учесть также, что уклон гряд обычно невелик и высота их по сравнению с глубиной потока весьма мала, то можно принять движение потока медленно изменяющимся и квази-установившимся.

Попытаемся теперь, исходя из этих предпосылок, рассчитать количество передвигаемого потоком наноса, приняв попрежнему условия плоской задачи. Условие устойчивости движения, которое мы выше постулировали, позволяет нам утверждать, что касательное усилие, развиваемое потоком в придонном слое, должно уравновешиваться силами трения наноса о дно русла. Это условие вполне идентично с тем, какое мы приводили ранее при рассмотрении начала сдвига частиц.[1]



Фиг. 4.

Однако, картина распределения скоростей по сечению здесь меняется. Так как наносы пришли в движение, то скорость потока у дна уже не равна нулю, а равна скорости наноса; в остальной части потока эпюра распределения скоростей почти не меняется, и мы можем принять ее схематически в том виде, как обычно, полагая, что в придонном (пограничном) слое градиент скорости близок к постоянной величине.

Отсюда ясно, что касательное усилие надо выразить здесь в зависимости от квадрата разности средней донной скорости[2] и скорости наноса.

Тогда можно написать, что

$$\tau_g = \gamma \frac{\lambda (u_g - u_н)^2}{g}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

где $u_н$ — скорость наноса.

Меняется и величина сопротивления трения. Эксперименты с трением твердых тел показывают, что по мере увеличения скорости движущегося тела коэффициент трения уменьшается. Такое же явление должно наблюдаться и при движении наноса; следовательно, в общем виде можно принять, что коэффициент трения или, лучше сказать, коэффициент влечения наноса f' равен

$$f' = f_0 - \psi (u_н) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

[1] В приводимом ниже выводе мы опускаем составляющую силы тяжести наноса, так как при малом уклоне гряд она весьма мала по сравнению с сопротивлением трения.

[2] Под средней донной скоростью мы понимаем скорость на границе турбулентной области.

Приравнивая далее касательное усилие, развиваемое потоком, и сопротивление трения наноса, мы получим, что

$$\frac{\gamma \cdot \lambda \cdot (u_g - u_n)^2}{g} = \gamma' \cdot f' d. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

В этой формуле скорость наноса u_n можно заменить через расход наноса, зная, что

$$\gamma' \cdot \mu \cdot u_n \cdot d = \gamma \cdot p \cdot u \cdot h \quad \ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

где μ — коэффициент, учитывающий сплошность движения,
u — средняя скорость и
p — относительное количество наносов по весу.

Замечая, что $u_g = \varphi \cdot u$, мы можем преобразовать формулу (19) следующим образом:

$$\frac{\varphi^2 \cdot \lambda \cdot u^2}{g}\left(1 - \frac{\gamma h p}{\gamma' \varphi \cdot \mu \cdot d}\right)^2 = f' \frac{\lambda}{\gamma} \cdot d \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

Дальнейшие операции крайне несложны и сводятся к замене выражения

$$\frac{\gamma}{\gamma' \varphi \mu} = k \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

и определению величин u и p, которые получаются равными

$$u = \sqrt{\frac{f' \gamma'}{\gamma \lambda \varphi^2} \cdot g d} \cdot \frac{1}{1 - \frac{khp}{d}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

или

$$u = u_0 \cdot \sqrt{\frac{f'}{f_0}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{khp}{d}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

$$p = \frac{d}{kh}\left[\frac{u - u_0\sqrt{\frac{f'}{f_0}}}{u}\right] \quad \ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

Таким образом, скорость, необходимая для свободного пропуска наносов, увеличивается обратно пропорционально выражению

$$\left(1 - \frac{kph}{d}\right).$$

Вместе с тем происходит уменьшение коэффициента f', что отчасти компенсирует увеличение скоростей.

Расход наносов на 1 пог. м ширины русла будет равен, как нетрудно показать:

$$P_t = \gamma \cdot p \cdot u \cdot h = \frac{\gamma d}{k}\left[u - u_0\sqrt{\frac{f'}{f_0}}\right] \quad \ldots\ldots \quad (26)$$

или

$$P_t = \gamma' \varphi \cdot \mu \left[u - u_0 \sqrt{\frac{f'}{f_0}} \right] \quad \ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

Отсюда ясно, что расход наносов возрастает пропорционально разности

$$\left(u - u_0 \sqrt{\frac{f'}{f_0}} \right),$$

причем u_0 — соответствует начальной скорости при заданной глубине потока h. Поскольку глубина потока при изменении расхода воды меняется, постольку и величина u_0 не может быть принята постоянной; таким образом

$$u_0 = \psi\left(\frac{h}{d}\right) = \left[a_1 \ln \frac{h}{cd} + b_1 \right] \sqrt{gd} \quad \ldots\ldots \quad (28)$$

Рассматривая формулу (26), нетрудно убедиться, что две величины представляются здесь недостаточно выясненными: 1) величина

$$k = \frac{\gamma}{\gamma' \varphi \mu},$$

которая зависит от отношения донной скорости к средней φ и коэфициента сплошности μ, и 2) величина $\frac{f'}{f_0}$, для определения которой мы не имели еще никаких экспериментальных данных.[1]

Наиболее трудным является установление величины μ; что же касается отношения $\frac{f'}{f_0}$, то оно может быть определено из экспериментальных данных о расходе наносов. Если известно отношение $\frac{u_0}{u}$, расход наносов, скорость потока и средний диаметр перекатываемых частиц, то отношение $\frac{f'}{f_0}$ можно определить путем построения графика (при этом величина μ принимается постоянной)

$$\frac{P_t}{u \cdot d} = \psi\left(\frac{u_0}{u}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (29)$$

Если бы $f' = f_0$, то мы получили бы при построении прямолинейную зависимость между этими величинами. Кривизна получающейся линии и определяет отношение $\frac{f'}{f_0}$.

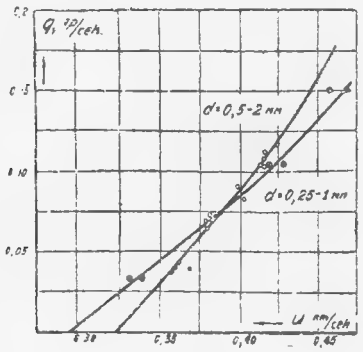
Такого рода попытка, пока еще приближенно, была сделана нами при предварительной оценке произведенных нами экспериментов в Научно-исследовательском институте гидротехники.

Описываемые эксперименты производились в специально оборудованном лотке общей длиной 10 м с рабочей частью длиной 6 м (фиг. 4).

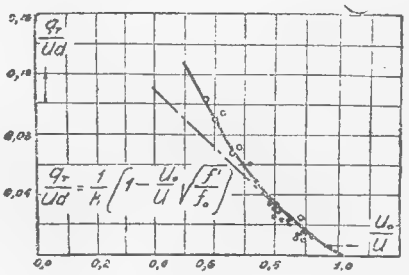
[1] Причину этого явления следует искать в наличии подъемной силы, обезвзвешивающей движущийся насос; в момент взвешивания $f' = 0$.

Ширина лотка была 0.7 м, глубина по условиям максимального расхода колебалась в пределах от 0.03 до 0.10 м, отношение $\frac{h}{b}$ было < 0.14, благодаря чему сохранялись условия, близкие к плоской задаче. Подача наноса осуществлялась путем специально устроенного конвейера, который был предварительно тщательно протарирован. Условия установления движения каждый раз определялись путем взвешивания наноса, прошедшего в песколовку, сооруженную в конце лотка.

Полученные экспериментальные данные приведены на двух графиках (фиг. 6 и 5). Первый из них дает зависимость расхода наносов



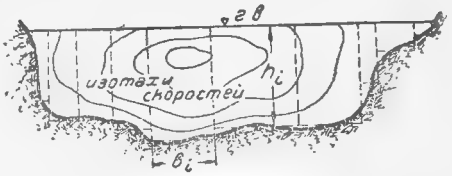
Фиг. 5.



Фиг. 6.

в функции от скорости потока, а второй — зависимость относительного расхода $\frac{P_t}{u \cdot d}$ в функции от отношения $\frac{u_0}{u}$.

На обоих графиках точки легли удачно, уложившись в одну вполне определенного вида кривую. Из второго графика явствует, что при значениях $\frac{u_0}{u} > 0.80$ коэффициент f' мало отличается от f_0; при меньших значениях $\frac{u_0}{u}$ он довольно быстро убывает; так, при $\frac{u_0}{u} = 0.6$ $\frac{f'}{f_0} = 0.70$; при $\frac{u_0}{u} = 0.5$ $\frac{f'}{f_0} = 0.55$.



Фиг. 7.

Разумеется, эти цифры должны быть в дальнейшем уточнены и проверены; однако изложенные соображения указывают нам рациональный путь для определения тех величин, которые до сих пор представлялись неясными, а именно:

$$\frac{f'}{f_0} \text{ и } k = \frac{\gamma}{\gamma' \varphi \mu}.$$

§ 5. Вышеприведенный анализ позволил нам установить главнейшие закономерности, сопутствующие явлению влечения потоком наноса.

Полученные зависимости были выведены в условиях плоской задачи, т. е. в условиях русла бесконечно большой ширины.

Нетрудно распространить их на русло любой формы, если известно распределение скоростей по сечению потока и если кривизной потока можно пренебречь.

Обозначая секундный расход наносов через G, мы получим

$$G = \int_0^B P_t \, db, \quad \ldots \ldots \ldots \quad (30)$$

заменяя интегрирование суммированием, мы можем написать окончательную формулу:

$$G = \gamma \frac{d}{k} \sum_n \left(u - u_0 \sqrt{\frac{f'}{f_0}} \cdot \right) \Delta b = \gamma' \varphi \cdot \mu \cdot d \sum_n \left(u - u_0 \sqrt{\frac{f'}{f_0}} \right) \Delta b \ . \quad (31)$$

В этой формуле u, u_0 и $\frac{f'}{f_0}$ представляют собою величины, зависящие от формы русла. Для некоторых определенных форм русла, хорошо изученных экспериментально, можно было бы найти коэфициент, учитывающий форму русла, и привести формулу к более удобному виду:

$$G = \frac{\alpha}{k} \cdot d \cdot B \left(u_c - u_{0c} \sqrt{\frac{f'}{f_0}} \right), \quad \ldots \ldots \quad (32)$$

где α — коэфициент формы, значок c — означает, что данные величины приняты как средние по сечению.

Если же приходится вести расчет для русла произвольной формы, то единственным приемом является замена интегрирования суммированием, как это сделано в формуле (31).

Нетрудно видеть, что если известно распределение по сечению скоростей, то задача об определении донного расхода наноса легко решается.

На фиг. (7) изображено некоторое произвольное сечение русла, на котором нанесены изотахи скоростей. Разбивая сечение на ряд прямоугольников, определяя глубины и соответственные значения средних скоростей, можно без труда найти и величину расхода донного наноса. Указанный прием весьма несложен и вполне удобен в приложениях.

Попытаемся теперь оценить, в какой мере верна приведенная ранее формула Шоклича.

С этой целью заменим скорости через единичный расход и глубину потока в искомом сечении. Тогда расход наносов будет равен:

$$G = \frac{\gamma d}{k} \cdot \sum_n \left(q - \sqrt{\frac{f'}{f_0}} \cdot q_0 \right) \cdot \frac{\Delta b}{h} \quad \ldots \ldots \quad (33)$$

$$\sum q \cdot \frac{\Delta b}{h} \ .$$

может быть заменена величиной

$$\frac{Q}{h_c}\cdot\alpha\cdot \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34)$$

Равным образом

$$\sum q_0\sqrt{\frac{f'}{f_0}}\cdot\frac{\Delta b}{h}=\alpha''\frac{Q_0}{h_c}\cdot\sqrt{\frac{f'}{f_0}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35)$$

Тогда

$$G=\frac{\gamma d}{kh_c}\cdot\left(\alpha' Q-\alpha'' Q_0\sqrt{\frac{f'}{f_0}}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36)$$

Заменяя d через уклон I_0, соответствующий началу размыва, мы получим, что

$$G=\frac{\gamma'\varphi\mu\beta}{f_0}\cdot I_0\left(\alpha' Q-\sqrt{\frac{f'}{f_0}}\cdot\alpha'' Q_0\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (37)$$

Теперь ясно, что величина Q_0 в формуле Шоклича не является постоянной: Q_0 — зависит от глубины, поскольку

$$u_0=f\left(\frac{h}{d}\right);$$

величина

$$c=\frac{\gamma'\varphi\mu\beta}{f_0}$$

определяется специфическими условиями данного потока и также не может быть признана постоянной.

И, наконец, уклон I_0 зависит от начальных условий сдвига наноса и глубины потока. Таким образом, можно утверждать, что формула Шоклича весьма несовершенна.

Нетрудно видеть те преимущества, какие дает введение в формулу скоростей u_0 и u, вместо расходов Q и Q_0. Величина u_0 может быть определена на основе вышеприведенных формул, в то время как Q_0 — можно установить только из данных полевых измерений.

Нам остается еще указать расчетную формулу для уклона потока при влечении наноса.

Иногда полагают, что уклон потока можно принять неизменным при всех условиях его движения.[1]

Такое предположение совершенно неверно.

Уклон потока зависит не только от шероховатости русла, глубины и скорости течения, но также и от расхода наноса. Увеличение последнего влечет за собой изменение уклона и соответствующую деформацию русла. Такое именно явление наблюдается на любом речном потоке.

Нетрудно показать это на основе вышеприведенного анализа.

[1] Так принимает, напр., Шаффернак в упомянутом докладе.

Уклон потока, как известно, выражается формулой

$$I = \lambda \cdot \frac{u^2}{gh} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (38)$$

Заменяя u, получим окончательно

$$I = \frac{\lambda u_0^2}{gh\left(1 - \frac{kph}{d}\right)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (39)$$

или

$$I = \frac{f'}{f_0} \cdot \frac{I_0}{\left(1 - \frac{kph}{d}\right)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (40)$$

Таким образом потеря напора, вызываемая затратой энергии на передвижение наноса, резко возрастает с увеличением количества влекомых потоком наносов; этот вывод весьма важен для расчета промывных сооружений.

§ 6. Вышеприведенный анализ позволил нам установить ту основную зависимость для расчета потоков, передвигающих наносы, которую мы считаем наиболее существенной в разрешении проблемы наносов.

Оценивая те практические выводы, которые может иметь наша работа, мы можем отметить следующее:

1. Прежде всего теперь представляется возможным проектировать устойчивые профиля водных потоков, способные проносить то количество наноса, которое поступает в них с вышележащих участков.

Отсюда открываются перспективы для решения самых разнообразных задач: определение условий, при которых в потоке могут быть созданы требуемые для судоходства глубины; расчет нормальных сечений русла; определение размыва в русле, стесненном перемычками; установление способов крепления русла, — вот далеко неполный перечень вопросов, получающих разрешение на основе вышеприведенных формул.

2. Далее представляется возможным решать и более сложные задачи, к числу которых относится вопрос об отложении наносов в подпертых бьефах, о размыве и понижении дна нижнего бьефа, наблюдаемого после поднятия подпора, об изменении режима реки в нижнем бьефе при изъятии воды для промышленных целей.

3. Наконец, получают полное разрешение вопросы расчета разнообразных промывных сооружений, напр., промывных галлерей, карманов, отстойников и т. д.

Заканчивая на этом настоящий доклад, мы считаем необходимым отметить, что полученные решения бесспорно нуждаются в дальнейших уточнениях путем постановки опытно-исследовательских работ на специально сооруженных больших лотках и на естественных потоках; эти исследования необходимы, в первую очередь, для определения

коэффициентов, входящих в формулы. Вполне очевидно также, что предложенные решения не могут претендовать на абсолютную точность и представляют собою гидравлическую теорию расчета потоков, передвигающих наносы. Однако, по сравнению со всем тем, что имелось в науке в этой области до настоящего времени, они представляют значительный шаг вперед, открывая пути для практического решения многочисленных задач гидротехники и внося необходимую ясность в проблему наносов.

Председатель. Слово предоставляется Н. М. Бернадскому для доклада на тему «Проблема искаженного режима песчаных наносов р. Волги и методы ее разрешения».[1]

Н. М. БЕРНАДСКИЙ

ПРОБЛЕМА ИСКАЖЕННОГО РЕЖИМА ПЕСЧАНЫХ НАНОСОВ Р. ВОЛГИ И МЕТОДЫ ЕЕ РАЗРЕШЕНИЯ

Краткое содержание доклада.

1. Постановка вопроса о теоретическом, лабораторном и полевом исследовании песчаного наноса. Режим песчаного наноса как объект инженерной проектировки.

2. Схема передвижения и аккумуляции песка на р. Средней Волге по данным изысканий 1933 г.

3. Программа теоретических и лабораторных работ в НИИГ по формированию песчаного русла.

4. Результаты теоретических работ по донному влечению наноса на ноябрь 1933 г.

Сила влечения как равнодействующая центробежного поля, возникающего при обтекании песчаного зерна. Формула силы влечения и сравнение ее с опытными данными.

Дифференциальная система донного влечения и ее интегрирование. Песчаные гряды, их высота, длина и скорость.

Расход донного наноса как произведение высоты гряды на скорость гребня.

Механизм потока, обтекающего песчаные гряды. Совместное решение уравнений потока и наноса. Расчетные формулы донного влечения и сравнения с опытными данными.

Перспективы полевых и лабораторных работ, направляемых теоретической схемой.

[1] Письменное изложение доклада и исправленная стенограмма автором в Секцию не доставлены. Поэтому здесь приводится лишь краткое содержание доклада.

ПРЕНИЯ

Инж. Бочков. Я остановлюсь только на принципиальных местах доклада И. И. Леви, не касаясь критики методической стороны опытов. И. И. Леви в своем докладе исходит из двух основных положений: 1) принимает, что ложе русла представляет собой жесткую постель, и 2) принимает распределение скоростей в пограничном слое по теории Прандля.

С моей точки зрения эти положения нуждаются в ряде изменений на основании проведенных мною лично опытов в лаборатории Гидротехгеоинститута в течение 1932—1933 гг. Устанавливается прежде всего, что вопрос о природе коэффициента трения наноса в воде имеет нередко совершенно другие особенности, чем обычно принято для решения данной задачи.

Если мы имеем какую-то зернистую поверхность, состоящую из однородной смеси зерен, диаметра d_1, и поверх этой поверхности движется другое зерно, диаметра d_2, то оказывается: если соотношение между этими диаметрами достигает величины больше единицы, то «коэффициент влечения», как показывают опыты, сохраняет свою постоянную величину. Я не называю эту величину коэффициентом трения, как это предлагает докладчик, потому что здесь, фактически, мы имеем, конечно, гораздо более сложную систему, заключающую не только действие трения под влиянием горизонтального усилия, но частица в этом случае имеет еще и вращающий момент. Поэтому я этот коэффициент просто называю коэффициентом влечения. Эта величина, по моим наблюдениям, для случая $\frac{d_2}{d_1} > 1$ равна 0.671 и сохраняет свою величину, конечно, в пределах (поскольку это есть результат эксперимента) возможной точности наблюдений. Теоретически, конечно, этот коэфициент должен изменяться, так как мы имеем с возрастанием величины движущегося наноса по соответствующей шероховатой поверхности изменения в отношении радиусов кривизны впадин; однако в практических пределах и в пределах оперирования с теми частицами наносов, которые мы имеем обычно в реке, эта величина может быть принята постоянной, так как русло реки в большинстве случаев даже состоит из более мелкого материала, чем перемещаемые наносы.

Это видимое логическое противоречие находит объяснение в том, что ложе реки почти всегда представляет заиленный связный грунт, размыв которого наступает при гораздо более высоких скоростях, чем скорость, требуемая для перемещения отдельного зерна.

Опыты, проведенные Шаффернаком и Шокличем, показывают, что величина размывающей силы для связного грунта с заилением может составлять подчас величину до 50% бо́льшую, чем мы это имеем в случае влечения чистого песка.

Это первое положение, которое я хотел отметить и разъяснить.

Далее, я попытался подойти к установлению связи величины коэффициента влечения со скоростью потока; при этом я отказался от рассмотрения величины скорости в определенной точке, а отнес все явление к средней скорости слоя в пределах глубины, равной диаметру частицы, и эту скорость назвал средней скоростью придонного слоя.

Для определения этой величины мною были проведены довольно тонкие опыты в отношении определения скоростей. Опыт велся таким путем: я имел прецизионный лоток, в котором сначала помещалась частица зерна (опыты проводились с разными условиями — на гладкой зеркальной поверхности и на поверхности с различными засыпками зерна), и устанавливал визуально те начальные скорости, при которых начинается увлечение этой частицы. Определив этот момент и зная на данном участке распределение скоростей, которое было прослежено довольно подробно микротрубкой, которая имела диаметр приемного отверстия 0.5 мм,— я получал, таким образом, полную картину распределения скоростей, затем выделял участок, в котором можно было принять поле распределения скоростей совершенно однородным. На этом участке мною были прослежены скорости перемещения частиц по дну в зависимости от различных скоростей в потоке.

Таким путем было найдено, прежде всего, что нанос движется с меньшей скоростью, чем средняя скорость течения придонного слоя. Эту зависимость мне удалось довольно точно установить.

Для того, чтобы подойти к дальнейшему решению задачи, установив для частицы предельный момент начала ее влечения, я закрепляю ее на месте путем наложения на нее маленькой капли лака, а затем снимаю распределение поля скоростей при положении этой частицы в потоке, имеющем тот же режим, при котором эта частица начала перемещаться. Сняв здесь поле скоростей, я затем эти результаты попытался использовать для выявления связи между коэффициентом влечения и скоростью, в зависимости от размера частиц и глубины потока. Здесь действительно выявляется зависимость от отношений диаметра частиц и глубины. Но такая зависимость существует до известного предела, который ограничивает незначительные глубины, доходящие до 20 см, т. е. когда соотношение $\frac{d}{H}$ еще представляет достаточную числовую величину.

При больших глубинах эта зависимость исчезает, потому что дальше соотношения $\frac{d}{H}$ становятся настолько незначительными, что говорить об этом не приходится. Если же взять расчет по теории Прандля, то величина частиц оказывается в несколько раз больше, чем величина пограничного слоя, и поэтому пользоваться этим положением не совсем верно.

Вот это обстоятельство как раз наводит меня на некоторого рода опасения относительно тех предложений, которые сделал И. И. Леви, так как у него размеры частиц доходят до 1—2 мм в диаметре, а размеры потока — до 13 см. Но если мы перенесем эти данные на

естественный поток р. Волги, где имеют место глубины порядка 8—10 м, то мы будем иметь весьма малую величину соотношения $\frac{d}{H}$, и тут зависимости этой уже чувствоваться не будет, и поэтому в практической задаче мы здесь не найдем инженерного подхода к поставленной проблеме. Я думаю, что к проблеме учета донной эрозии было бы правильным подойти таким путем: установить, на основе гидрометрических измерений скоростей в потоке, величины придонных средних скоростей и выделить зону той области, в пределах которой может происходить влечение наносов. Для этого я нахожу донную скорость и связываю ее со скоростью движения наносов. Таким образом, имея для реки измеренный ряд скоростей, мы можем определить соответственно средние придонные скорости, а зная связь между придонной скоростью и скоростью влечения и предельной величины скорости размыва для данного грунта, мы сможем получить на дне реки ту часть поверхности, которая при тех или иных режимах потока будет подвержена размыву. Величину этого размыва можно выразить далее через донный расход размыва, который будет представлять особый расход, снятый с площади, построенной на основе придонных скоростей в виде эпюры придонных скоростей. Беря полное отношение расхода потока к расходу донного размыва, величину и режим эрозионной деятельности мы сможем выразить величиной K, которая может быть названа коэффициентом размыва русла. Вот эта величина и предлагается мною как один из основных элементов для расчета. В данном случае делается целый ряд упрощений, но я думаю, что с инженерной точки зрения мы здесь подходим к задаче гораздо проще и имеем бо́льшие возможности для ее разрешения, так как довольно хорошо освещенные гидрометрические материалы по рекам мы имеем за долголетние периоды.

Кроме того, при таком методе решения мы обходим весьма сложный и не поддающийся пока учету фактор сплошности влечения наносов.

Результаты этих моих работ уже закончены и сейчас находятся в печати в трудах Гидротехгеоинститута.

Инж. Бадер. Я хочу остановиться на принципиальной стороне вопроса о передвижении донных наносов.

До настоящего времени существуют две концепции о движении воды у стенок русла, т. е. о донной скорости. Одна из них — старая — говорит, что у стенок сосуда имеется конечная скорость; другая — концепция Прандля и его школы — говорит, что у стенок русел существует нулевая скорость.

Эти две концепции являются основными в вопросе о перемещении донных наносов.

Первый момент: если донная скорость или скорость у стенок русла равна нулю, то спрашивается, какие же силы заставляют перемещаться частицу? Если же скорость у стенок равна нулю, то скорость и близлежащих частиц также весьма незначительна, т. е. мы будем иметь осаждение у дна самых мелких частиц.

Другой момент: старая концепция говорит, что у стенок русел имеется конечная скорость. Это положение для размываемых русел безусловно верно.

Необходимо подчеркнуть, что, исходя из картины движения жидкости как при ламинарном, так и при турбулентном режиме, можно утверждать следующее.

В различных участках русла одного и того же потока, даже при наличии легко-размываемых грунтов, слагающих это русло, у дна существует различный режим движения жидкости. В тех частях естественного потока, где русло не размывается или, что то же самое, происходит отложение как взвешенных, так и влекомых наносов, существует ламинарный режим, т. е. скорость у самой стенки (дна) равна нулю. В тех же местах потока, где наблюдается размыв дна, ламинарный режим отсутствует, и частицы жидкости у самого дна и непосредственно прилегающие к размываемому грунту имеют конечную скорость и двигаются по закону турбулентного движения.

Это основное положение дает указание на тот механизм, при помощи которого передвигаются наносы по дну. Это движение происходит скачками, т. е. так, как движутся валуны во время лавины.

Если скорость движения у стенки велика, то под влиянием вращающего момента частицы грунта отрываются от дна (как отрывается камень, привязанный к нитке, во время вращения) и под влиянием приобретенной скорости пролетают некоторый путь и опять опускаются на дно. После того как частицы сядут на дно, они приобретают новый импульс вращения и перелетают далее. Таким скачкообразным способом и происходит движение частиц.

Для решения этого сложного вопроса, вопроса передвижения донных наносов, чтобы расчленить его на отдельные моменты, влияющие на передвижение частиц, необходим эксперимент и эксперимент не с водой, а с вязкими жидкостями, чтобы с большей ясностью проследить за всеми деталями изучаемого явления. При вязких жидкостях можно получить и при ламинарном режиме очень значительные скорости и значительной мощности придонный слой и выяснить картину передвижения наносов в этом случае. При дальнейшем ускорении движения вязкой жидкости можно будет проследить, особенно проделывая опыты с отдельными, различной формы, частицами, траектории последних и при турбулентном режиме.

Проф. Гришин. В обоих прослушанных нами докладах слабым местом, с моей точки зрения, является коэффициент сплошности движения наносов, играющий большую роль в определении расхода наносов. Этот коэффициент не является постоянным при различных гидравлических режимах потока. Отсутствие данных по этому коэффициенту затрудняет, вообще говоря, разрешение вопроса о расходе донных наносов. Мне кажется, что в этом направлении следовало бы пойти по такому пути. Ведь всякая частица, как Н. М. Бернадский показывал на схеме, создает деформацию некоторой зоны потока. Частицы на дне, вообще говоря, должны находиться в некотором расстоянии по двум

направлениям, поперечным и продольным, одна от другой, если бы частицы были совершенно одинаковы. Мы получаем, следовательно, что все поле потока будет занято частицами не сплошь, а частицами, находящимися на некотором расстоянии и обтекаемыми совершенно в одинаковых условиях. Подобная схема была рассмотрена экспериментально в Гидротехгеоинституте и она привела к некоторым выводам о величине коэффициента сплошности, который зависит отчасти и от скоростей течения в потоке. В этом направлении следовало бы продолжить работу.

По первому докладу мне хотелось бы сказать следующее. Зависимость между коэффициентами трения при покое и при движении едва ли может быть выражена так просто аналитически именно потому, что, как отметил Н. И. Бочков, мы не имеем по существу аналогии с трением твердых тел, так как здесь не только трение, но и сложное движение частиц. Поэтому вызывает сомнение зависимость, устанавливаемая первым докладчиком. И вторая зависимость, связь размывающей скорости и глубины потока, опытами не очень хорошо подтверждена, хотя эта связь несомненно существует и, повидимому, близка к прямолинейной зависимости, но разброс точек, как можно видеть из графика, очень широк, и кривая в известной мере произвольна, так что можно было бы построить и ряд других кривых, имеющих другое аналитическое выражение.

Теперь перейду к докладу Н. М. Бернадского.

Здесь меня ввело в смущение то, что Н. М. Бернадский имеет дело с какими-то скоростями в потоке вообще, не расчленяя их на скорости придонные и скорости поверхностные, средние и т. д. В первой схеме, которая здесь нарисована, повидимому, указано как раз движение поверхностных скоростей, между тем мы знаем, что на таком изгибе потока направление донных скоростей будет совсем иное; поэтому заключения докладчика и выводы относительно картины движения вызывают сомнение.

Во-вторых, терминология меня нисколько не удовлетворила. Может быть, я не совсем понял Н. М. Бернадского, но получается так, например, что омуты (или то, что мы привыкли называть тем потоком, который идет вдоль вогнутого берега, или «сбойное» течение и т. д.) могут быть в месте впадения оврага. Обычно в месте впадения оврага мы имеем огромное количество выносов, и там образуется скорее коса, чем такого рода омут. Так что тут не совсем понятна вся концепция Н. М. Бернадского.

Акад. С. А. Чаплыгин. Вы говорили о коэффициенте сплошности, а какие практические результаты вы получили?

Проф. Гришин. Получалось соотношение такое: смещение частиц по отношению друг к другу в поперечном направлении — $1^1/_2$ диаметра, а в продольном направлении $2^1/_2$. Поток идет в сторону от острия (вершины) треугольника к его основанию, частицы располагаются так, как, например, стаи птиц при полете. Следующий ряд частиц в виде такого же треугольника будет отстоять от предыдущего в разных расстояниях (примерно, от 9 до 25 диамет-

ров). Из этих соотношений можно вывести насыщенность потока частицами на дне и получить коэффициент сплошности.

Проф. Москвитинов. Вопросы, затронутые в докладах И. И. Леви и Н. М. Бернадского, имеют чрезвычайно важное практическое значение. Сейчас перед Средволгостроем стоят вопросы о том, что же получится с подпертыми участками Волги после возведения плотин, как изменится движение перекатов на этих участках, как повлияет задержание наносов на кривые подпора и на величину затоплений, что будет получаться с наносами в те периоды, когда плотины в период паводка будут открываться и режим будет приближаться к естественному; что будет получаться в период постройки при возведении перемычек, при сжатии русла перемычками? Все эти вопросы имеют, конечно, весьма важное практическое значение, поэтому надо приветствовать обе работы, которые стремятся внести известную ясность в этот вопрос и дать известную теорию явлений и расчетные формулы.

Несмотря на то, что в тех формулах, которые дал И. И. Леви, имеются, может быть, некоторые спорные положения в деталях, мне кажется, практическое значение его формулы весьма велико, потому что она все-таки дает нам возможность подходить к вопросу об учете количества наносов. Мне кажется, было бы очень важно в дальнейшем эти формулы, помимо той лабораторной проверки, которой они были подвергнуты, подвергнуть еще проверке путем сопоставления с некоторыми, действительно хорошо поставленными, измерениями в натуре.

Теоретическое и лабораторное изучение явлений движения донных наносов и получение расчетных формул, дающих связь между гидравлическими элементами потока, крупностью наносов и количеством их, важно для оценки количества наносов в естественных водотоках, так как мы почти не обладаем никакими средствами действительного учета донных наносов, в особенности при сравнительно мелких наносах. Все те приборы, которые были предложены за последнее время, дают довольно сомнительные результаты, как указывал Н. М. Бернадский. Результаты, получаемые от этих приборов, зависят и от способа установки и от того спектра обтекания, который дает этот прибор, так что, применяя их, мы все же не имеем средства для абсолютной оценки количества наносов, поэтому и надо приветствовать те попытки, которые были здесь сделаны, чтобы дать теорию явлений и расчетные формулы.

Инж. Поляков. Относительно природы движения донных наносов И. И. Леви сказал, что наносы движутся как будто бы одним слоем. Это точка зрения Крея. Но мы видим, что два докладчика в этом вопросе разошлись: И. И. Леви держался этой точки зрения, а Н. М. Бернадский говорил об осаждении наносов в виде дождя. Я считаю, что при лабораторной постановке, где имеют дело с крупными наносами, будет так, как говорил И. И. Леви. В природе же это можно наблюдать по иному. Доказать это можно при помощи самых элементарных расчетов. Если произвести расчет намыва

по любой формуле, принимая, что наносы движутся одним слоем, то выходит, что нигде в природе в реке нельзя получить такой большой намыв, какой в действительности наблюдается.

Но известно, что наносы в реке движутся некоторой толщей в придонном слое. Все работники, которые наблюдали реки в натуре, могут это потвердить; сейчас проводят работу на Сулаке, и там наносы улавливали в придонном слое. На перекатах роль придонного слоя еще более значительна. На это обстоятельство я и хотел обратить особое внимание и при этом указать на то, как мало мы знаем в этой области.

Далее, И. И. Леви указал, что он придает большой вес донным наносам. Я считаю, что взвешенных наносов значительно больше, и их роль здесь недоучтена. На Волге учтена только часть взвешенных наносов.

Я нисколько не отрицаю значения всех разработанных проблем, которые мы сейчас заслушали, но хотел только указать, насколько мы мало знаем явления, связанные с наносами.

Проф. А. Г. Воробьев. Я хочу обратить внимание Секции на существование одного метода, который, как мне кажется, должен найти довольно широкое применение в решении поставленных задач. Я имею в виду метод подобия, упоминавшийся одним из докладчиков. Те капиталовложения, которые надо сделать при решении обсуждаемой на Сессии проблемы, должны быть очень значительны. Поэтому построение и производство опытов над таким моделями, которые давали бы возможность более или менее в совокупности рассматривать и предсказывать явления, долженствующие произойти в результате возведения тех или иных сооружений, могут дать вполне окупающиеся результаты, если дело поставить надлежащим образом.

Один из докладчиков касался вопросов о применении метода подобия, но, правда, отмечая лишь его отрицательные стороны. Я немного занимаюсь принципами метода подобия и хочу сказать, что этот метод подобия не применялся еще до сего времени в исследованиях гидротехнических сооружений надлежащим образом, что и являлось причиной частых неудач. Если произвести некоторую работу теоретического характера, имеющую цель установить новые пути применения методов подобия к решению столь колоссальной стоимости задач, я думаю, мы можем очень многое извлечь из исследований сооружений на реке Волге и бьефов, находящихся как ниже, так и выше их, помощью моделей.

Базируя эти опыты моделями на основе строго теоретически разработанного метода подобия, я думаю, мы можем получить очень правильное освещение целого ряда вопросов, которые не иначе могут быть освещены как либо совершенно, либо почти совершенно.

Один из докладчиков касался вообще вопроса о тех сложных явлениях, которые происходят в руслах реки, и в частности говорил о тех явлениях наносов, которые при этом получаются. На моделях мы можем с большей или меньшей степенью вероятности обследовать всю сложность явлений, которые там будут, и предсказывать те изме-

ления среди наносов, имеющих колоссальное значение, которые будут происходить после возведения сооружений.

Мне кажется, было бы целесообразным упомянуть в резолюциях Секции по этому вопросу о необходимости возможно более широкого использования этого метода подобия.

На Октябрьской сессии Академии Наук был поставлен вопрос о разработке метода подобия в самом широком его применении ко всем отраслям техники и науки в нашем Союзе через посредство специального учреждения, которое должно быть организовано в составе Академии Наук. И я думаю, что этому учреждению, которое, по всей вероятности, в конце концов должно появиться (сейчас в этом отношении уже происходят некоторые организационные мероприятия), следует дать задачу о применении метода подобия при решении Волжской проблемы с тем, чтобы опыты, которые должны быть поставлены, явились отвечающими тем надобностям, которые возникают при решении этой проблемы.

Председатель. Больше нет желающих высказаться? Позвольте предоставить заключительное слово И. И. Леви. (*Второй докладчик от заключительного слова отказался*).

И. И. Леви (*заключительное слово*). Первый из выступавших по моему докладу оппонентов, т. Бочков, коснулся доложенных мною вопросов и указывал, что можно дать и другой путь для решения задачи, который он свел к установлению зависимости придонного расхода от расхода потока вообще и к характеристике отношения этих двух величин посредством некоторого коэффициента. Этот путь, разумеется, более примитивный и требует больших экспериментов. Далее, он отметил следующие моменты, которые вызывают некоторые вопросы. Прежде всего т. Бочков указал, что величина размывающей скорости только до известного предела увеличивается с глубиной потока и дальше не увеличивается и что при глубинах больше 20 см увеличения ее не наблюдается. Это неправильно. На этом графике приведены такие же эксперименты, которые производились и т. Бочковым, и они имеют довольно большие значения отношения глубины к диаметру, дающие трех-четырехзначные числа. Следовательно, предельная глубина, которую вы считаете возможным установить до 20 см, значительно превзойдена в экспериментах. Я потому брал малые глубины, что тогда можно не учитывать влияния стенок.

Тов. Бочков говорил, что, может быть, правильнее назвать коэффициент трения при движении коэффициентом влечения. Я согласен с этим.

Проф. Гришин указал, что зависимость, которую я предлагаю для коэффициента трения, гораздо сложнее и вряд ли правильно ее в таком виде принимать. Я этого и не утверждал. Я только указывал, что этот коэффициент уменьшается со скоростью наноса, но в каком виде получается зависимость его от скорости наноса, сейчас сказать нельзя; дело экспериментов — установить эту зависимость.

Далее, т. Бочков говорил, что расчет, который я давал, не позволяет определить количество наноса, передвигаемого потоком, иначе,

как посредством полевых измерений, которые весьма несовершенны, и предложил другой прием. Однако это и есть то, что я предлагал. Зная распределение скоростей в потоке и скорость, соответствующую началу сдвига, мы можем определить количество передвигаемого наноса без соответствующих измерений, по указанным формулам. Как будто в этом отношении тот путь, который мне рекомендовали, не расходится с тем путем, который я указывал.

Некоторые оппоненты указывали, что надо ставить эксперименты в большом масштабе. Я вполне присоединяюсь к этому. Эксперименты надо ставить не только в условиях лаборатории, но и в условиях опытных каналов. Я об этом говорил.

Здесь было указано также на то, что слабым местом является величина коэффициента сплошности, как наиболее трудно выявляемая величина. Так как я все время искал гидравлические зависимости, которые относятся к средним величинам, то я считал возможным все коэффициенты, которые здесь появляются, объединить одним общим суммарным коэффициентом «K», который может получиться различным, и определяется из опыта. Осредненные гидравлические зависимости позволяют расчитать поток, передвигающий наносы, и я считаю полученный результат для практики достаточным. Во всяком случае мы даем значительно больше по сравнению с тем, что мы имели на сегодняшний день.

Еще несколько слов относительно возражений т. Полякова. Он указал, что движение наносов одним слоем еще не доказано. Но наши эксперименты, которые мы производим в лаборатории, это подтверждают. В этом вопросе у нас в Институте нет расхождения, по крайней мере (поскольку мне известно), среди лиц, которые этим занимаются.

Я не хочу сказать, что взвешенный нанос не играет никакой роли для Волги и для расчетов перекатов, плёсов и т. д., но я считаю, что задачу нужно для начала ограничить рассмотрением донного наноса, потому что задача о взвешивании мало разработана, и я ничего не могу добавить к тому, что имеется в этом вопросе в данный момент.

Значение, которое имеет движение донных наносов в гидротехнике, настолько велико, что эту задачу надо было возможно скорее решить. Вот почему я в своей работе в первую очередь считал нужным разобрать вопрос о передвижении донного наноса.

Председатель. Вопрос о движении донных и взвешенных наносов, конечно, давно уже имеет большое практическое значение, но до сего времени гидротехника, как известно, ограничивалась чрезвычайно грубыми приемами. Так, например, для создания устойчивых против размыва каналов часто задавались приближенные наибольшие скорости, весьма плохо проверенные. Следует отметить, что в расчетах ирригационных каналов пользовались и пользуются грубыми формулами Кеннеди; последние формулы Шафернака и Шоклича в отношении донных наносов также, конечно, далеки от совершенства. Может быть, гидротехника могла оперировать этими скудными методами до тех пор, пока сооружения были не такого крупного порядка, как мы имеем

теперь при реконструкции Волги. В этом отношении некоторый научный подход, безусловно, является не только желательным, но и просто необходимым.

В прениях указывались уже те важнейшие задачи в волжском строительстве, которые намечаются в связи с наносами.

Прежде всего нужно отметить заиление в подпертых бьефах, затем — режим наносов в гидротехнических узлах, что весьма важно как для выбора типа отверстий плотин, так и для проектирования некоторых мероприятий для защиты гидростанций от наносов. Весьма существенно также решить ряд вопросов, связанных с наносами в период постройки плотин.

Надо еще сказать, что чрезвычайно существенным на Волге является вопрос о низовых размывах. Здесь вопрос в том, что́ будут собой представлять ближайшие низовые части за плотиной после ее постройки и прохождения потока с большими скоростями. Вопрос этот чрезвычайно существенный и, насколько мне известно, он пока не получил надлежащего разрешения, хотя бы приблизительного.

Наконец, надо отметить, что в области ирригации Заволжья вопрос о заилении и размыве каналов также имеет первостепенную важность.

Вот далеко неполный перечень вопросов, связанных с проблемой наносов. Конечно, представленные докладчиками соображения являются пока только начальными вехами на пути создания нового отдела гидравлики, — гидравлики потока, сопровождающегося наносами. В первом докладе имелись, главным образом, гидравлические соображения, во втором — некоторые элементы гидромеханического порядка. Во всяком случае, надо указать, что и во всей мировой литературе, пожалуй, нельзя назвать по данным вопросам чего-либо достаточно совершенного; поэтому можно отметить тот несомненный прогресс, который вносится этими докладами. Эти доклады будут также важны и при лабораторной работе по наносам.

Кроме того, здесь отдельными лицами были высказаны также некоторые другие соображения, которые я вкратце перечислю. Это, прежде всего, вопрос, выдвинутый проф. Воробьевым о необходимости всемерного изучения законов подобия и о более широком их применении при исследовании донного явления. Затем проф. Москвитинов отметил необходимость ставить исследования по вопросу наносов не только в лабораторных, но и в действительных условиях и он же указал на необходимость разработки более совершенных приборов для учета донных наносов. Эти предложения представляются вполне рациональными.

Будут ли еще какие-нибудь пожелания или поправки? Нет.

(*Заключительное слово Председателя принимается как мнение Секции по заслушанным докладам о наносах*)

Председатель. Слово для доклада «Метод электро-гидродинамических аналогий и его применение при проектировании Ярославльского узла сооружений Средволгостроя» имеет В. И. Давидович.

В. И. ДАВИДОВИЧ

МЕТОД ЭЛЕКТРО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ АНАЛОГИЙ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЯРОСЛАВЛЬСКОГО УЗЛА СООРУЖЕНИЙ СРЕДВОЛГОСТРОЯ

§ 1. О методе электро-гидродинамических аналогий. При проектировании Ярославльского узла гидросооружений метод электро-гидродинамических аналогий применяется столь же эффективно и в такой же мере, как и вообще при проектировании гидротехнических сооружений, возводимых на слабых, водопроницаемых грунтах. Не останавливаясь в настоящем докладе подробно о сущности этого метода,[1] предложенного акад. Н. Н. Павловским, напомним лишь, что движение грунтового потока под гидротехническим сооружением, ограниченного линиями дна верхнего и нижнего бьефов и подземным контуром сооружения, подчиняется уравнению Лапласа

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial y^2}=0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

где h — напорная функция (напор).

Движение электрического тока в проводнике (в частности — в плоском проводнике), ограниченном некоторым контуром, подчиняется на основе закона Ома уравнению, аналогичному (1):

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}=0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

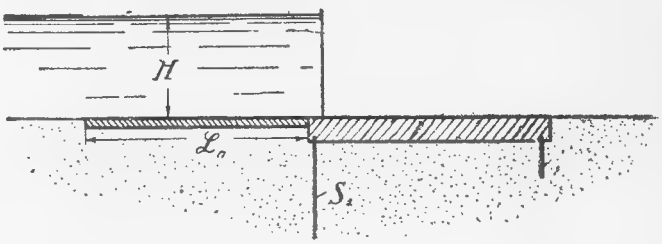
где v — потенциальная функция (электрический потенциал).

Таким образом, при геометрическом соответствии контуров электропроводящей пластинки и конфигурации подземного контура сооружения, при обеспечении пограничных условий грунтового потока и представляется возможным экспериментальным путем разрешить любые фильтрационные вопросы, возникающие при расчетах, связанных с движением грунтовых вод под гидросооружением. Ряд опытов, произведенных для Ярославльского узла, был осуществлен на специальном приборе электро-гидродинамических аналогий, установленном в технической части Средволгостроя; пластинки монтировались из станиоля. Наличие электро-измерительных приборов достаточно высокой чувствительности обеспечивало точность результатов, не уступающую теоретическому (гидромеханическому) решению задачи.

Ниже приводятся некоторые из результатов экспериментальных исследований различных случаев движения грунтового потока в пределах Ярославльского узла на Волге.

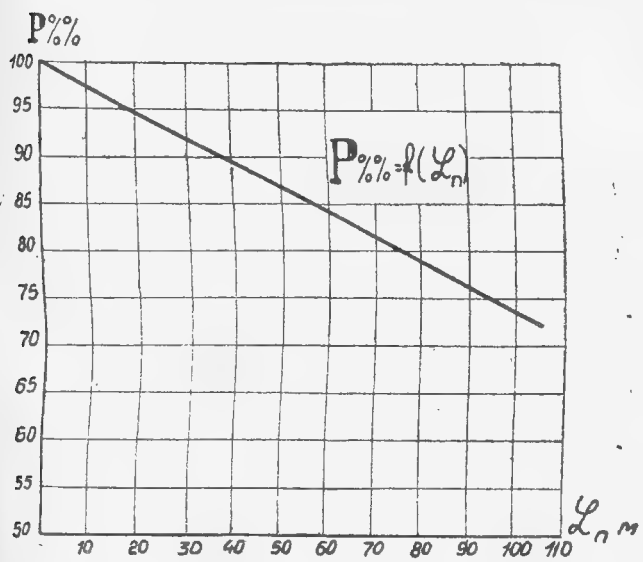
[1] О самом методе см.: акад. Н. Н. Павловский, «Теория движения грунтовых вод под гидротехническими сооружениями и ее основные приложения», 1922; акад. Н. Н. Павловский, «Гидравлика и гидромеханика грунтовых вод», доклад на Ноябрьской (1932 г.) сессии АН; инж. В. И. Давидович, «Метод электро-гидродинамических аналогий», 1932 г.

§ 2. Исследование влияния длины понура Ярославльской плотины на величину противодавления и фильтрационного расхода. Рядом опытов надлежало выяснить: как влияет изменение длины понура на величину противодавления, испытываемого телом плотины в пределах между шпунтами S_1 и S_2 (фиг. 1). Для этой цели было смонтировано несколько пластинок с одним и тем же подземным контуром плотины, за исключением понура, длина которого $L_п$ в пластинках менялась от $L_п = 0$ до $L_п = 105.0$ м.



Фиг. 1.

При этом каждый раз строились линии равных напоров в грунте, что позволило, во-первых, оценить качественную сторону движения грунтового потока и, во-вторых, определить суммарное противодавление P на любую часть подземного контура, в частности, на тот участок тела плотины, который ограничен шпунтами S_1 и S_2 (при различной длине понура $L_п$).



Фиг. 2.

Если принять за 100% то суммарное противодавление P_0, которое испытывает интересующий нас участок плотины при полном отсутствии понура, т. е. при $L_п = 0$, то связь между P и $L_п$, найденная экспериментальным путем, может быть выражена графически в виде кривой

$$P = f(L_п).$$

Из этой кривой, представленной на фиг. 2, следует, что связь между P и $L_п$ является практически (в рассмотренных пределах) прямолинейной; при достижении $L_п = 105.0$ м, $P \simeq 0.72\,P_0$; иными словами, устройство более чем стометрового понура, в условиях Ярославльской плотины, снижает величину противодавления приблизительно на 30%. Таким образом, поставленные опыты достаточно наглядно позволяют оценить влияние размеров понура на противодавление и, в зависимости от проектно-необходимой величины противодавления, назначить ту или иную длину понура.

Связь между длиною понура $L_п$ и фильтрационным расходом Q была установлена на основании следующих соображений. Как из-

вестно[1], при движении грунтового потока под сооружением, полный фильтрационный расход выражается как

$$Q = kHBq_r, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

где:

k — коэффициент фильтрации грунта;
H — действующий напор (разность горизонтов бьефов);
B — расчетная длина сооружения (в направлении, перпендикулярном к течению реки);
q_r — приведенный фильтрационный расход (т. е. при $k = 1.0$, $H = 1.0$), величина, зависящая лишь от характера подземного контура сооружения.

На электрической модели сооружения, аналогично (3), будем иметь

$$I = cE\delta I_r, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

где:

I — сила тока в пластинке;
$c = \frac{1}{\rho}$ — коэффициент электропроводности материала пластинки (ρ — удельное сопротивление);
E — разность потенциалов на контурах верхнего и нижнего бьефов испытываемой пластинки;
δ — толщина пластинки;
I_r — приведенная сила тока (т. е. при $c = 1.0$, $E = 1.0$), величина, зависящая от характера геометрического контура пластинки.

На основании геометрического подобия подземного контура сооружения и пластинки имеем

$$I_r = q_r, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

откуда

$$Q = kHB \cdot \frac{\rho}{\delta} \cdot \frac{I}{E} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Определение фильтрационного расхода производилось при максимальном напоре $H = 10.5$ м; коэффициент фильтрации грунта $k = 0.0005$ см/сек. Опытные пластинки имели толщину $\delta \cong 0.018$ мм, при $\rho = 0.0002$. Ведя расчет на единицу длины плотины ($B = 1.0$ м), вместо (6) получаем

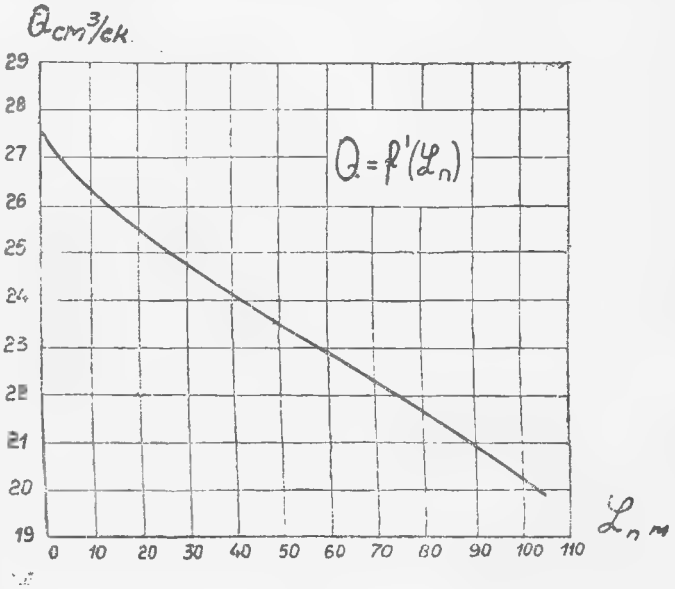
$$Q = 0.0005 \times 1050 \times 100 \times \frac{0.0002}{0.018} \times \frac{I}{E} = 0.585 \frac{I}{E} \quad \ldots \quad (7)$$

Таким образом, при различной длине понура каждый раз определялись величины I и E, и по (7) находился фильтрационный расход. В этих опытах длина понура менялась в пределах от $L_п = 0$ до $L_п = 105.0$ м; результаты приведены на фиг. 3 в виде кривой $Q = f(L_п)$, из которой видно, что максимальное значение фильтрационного рас-

[1] См. предыдущую сноску.

хода, соответствующее отсутствию понура, равно $Q = 27.5$ см³/сек. (на 1.0 погонный метр длины плотины); в дальнейшем, с увеличением $L_п$ расход Q падает, достигая значения $Q \cong 20.0$ см³/сек. при $L_п = 105.0$ м. Кривая эта, как видно из фиг. 3, помимо того, что показывает характер изменения $Q = f(L_п)$, позволяет непосредственно находить фильтрационный расход при заданной величине $L_п$.

§ 3. Исследование работы фильтрующего водобоя. В целях разгрузки водобойной части Ярославльской плотины, последняя была запроектирована с фильтрационными отверстиями для выпуска в нижний бьеф вод грунтового потока в пределах водобоя. Размещение фильтрационных отверстий произведено по способу, предложенному акад. Н. Н. Павловским, на основе гидромеханического решения задачи о равномерном выпуске фильтрационного потока через отверстия.

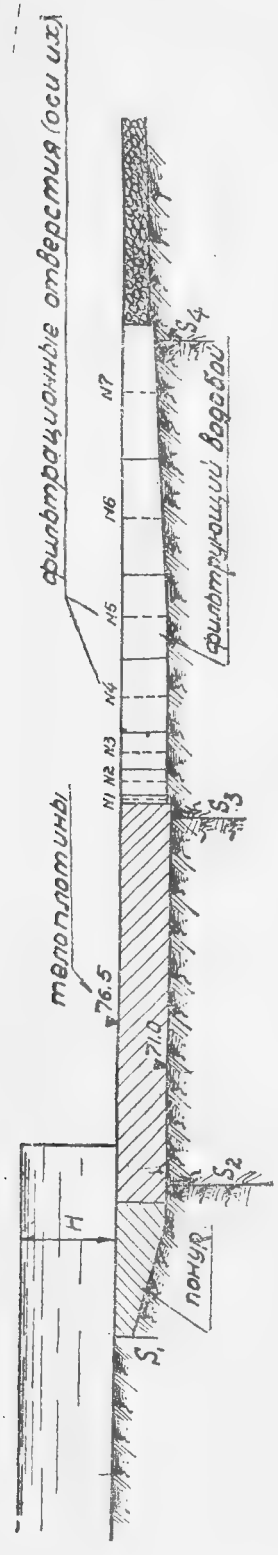


Фиг. 3.

В опыте по методу электро - гидродинамических аналогий надлежало выяснить характер распределения напоров под Ярославльской плотиной как в пределах ее центральной части, так и в области фильтрующего водобоя. Схема плотины (поперечный разрез) представлена на фиг. 4; вся водобойная часть разбита на семь равнофильтрующих полос, в центре которых и расположены фильтрационные отверстия.

Исследование на соответственно смонтированной пластинке показало следующее. Если развернуть весь подземный контур плотины в одну прямую линию (как то показано на фиг. 5) и откладывать по вертикали значения напоров, определенные опытным путем в различных точках подземного контура плотины, то получается эпюра изменения напора в пределах всего сооружения. Как видно из этой эпюры (сплошная линия), напор падает от своего максимального значения в начальной точке подземного контура до нуля у первого фильтрационного отверстия. В дальнейшем напор возрастает до некоторого значения и вновь падает до нуля при подходе ко второму отверстию. Переходя далее последовательно от одного отверстия к другому, видно, что напор возрастает до некоторого максимального значения на стыке двух равнофильтрующих полос и падает до нуля у очередного отверстия и, конечно, при выходе потока за водобоем в нижний бьеф.

Из эпюры фиг. 5 видно, что максимальные значения напора в пределах водобоя (между отдельными фильтрационными отверстиями)



Фиг. 4.

колеблются в пределах $\sim 0.12\,H$, где H — действующий напор. Осредняя ряд максимальных значений напора в пределах водобоя, получим $0.08 - 0.1\ H$, т. е. в пределах фильтрующего водобоя напор составляет $\sim 10\%$ от H[1]. На той же фиг. 4 пунктиром показана эпюра изменения напора при выключении из работы первых пяти отверстий (№№ 1—5).

Полученные результаты свидетельствуют о том, в какой мере устройство фильтрационных отверстий разгружает водобой и дает возможность определить противодавление на него.

§ 4. **Влияние трещины в понуре плотины на величину противодавления.** Методом электро-гидродинамических аналогий надлежало установить: как влияет появление трещины в понуре на противодавление на тело плотины. Для этой цели была соответственным образом смонтирована пластинка для контура плотины, изображенного на фиг. 4 (при сплошном водобое), причем было предположено появление трещины в стыке между понуром и телом плотины (перед шпунтом S_2). Желая получить результат более рельефный и яркий, была осуществлена в опыте трещина весьма преувеличенных размеров, именно $\delta \cong 0.4$ м, после чего были определены значения напоров по подземному контуру плотины, как при наличии трещины, так и при отсутствии таковой. Результаты опытов представлены на фиг. 6 в виде двух эпюр напоров на развернутый подземный контур плотины.

Эпюра, построенная для случая наличия трещины, показывает, что, имея максимальное значение у начала подземного контура плотины, напор, падая в пределах шпунта S_1 и частично понура, в дальнейшем начинает возрастать и вновь достигает своего максимального значения[2] $H = 1.0$ в месте трещины; после этого напор падает вдоль контура плотины до нуля в месте выхода грунтового потока в нижний бьеф.

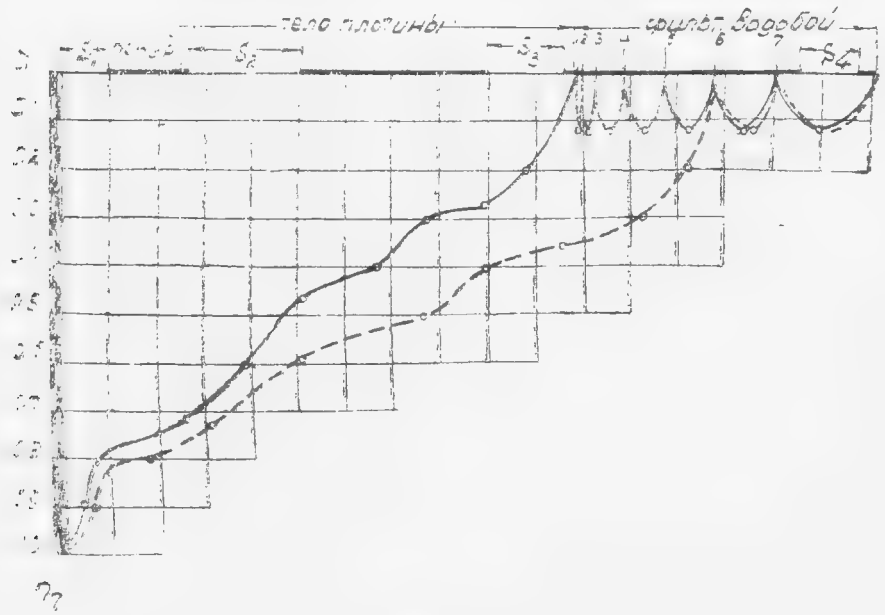
На той же фиг. 6 построена эпюра изменения подземного напора для случая отсутствия трещины; сравнение этих двух эпюр показывает, как ничтожно увеличивается напор в пределах сооружения благодаря появлению трещины. Так, например, значения напора у подо-

[1] Эпюра фиг. 5 и 6 построена для условий отсутствия воды в нижнем бьефе при $H = 1.0$.

[2] См. предыдущую сноску.

ивы плотины непосредственно за шпунтом S_2 соответственно таковы: 0.63 H и 0.68 H; в низовой части тела плотины — непосредственно у шпунта S_2: 0.52 H и 0.55 H. Если же сравнить соответственные площади эпюр, приходящихся на тело плотины, то оказывается, что появление трещины увеличивает площадь эпюры на $\sim 5\%$. Необходимо еще раз подчеркнуть, что эти результаты получились в предположении размеров трещины, вряд ли возможной в реальных условиях; следовательно, можно ожидать еще меньшее влияние трещины на величину противодавления.

Таким образом, опыты показывают, что появление трещины в понуре, с точки зрения фильтрационных явлений, не страшно; вместе

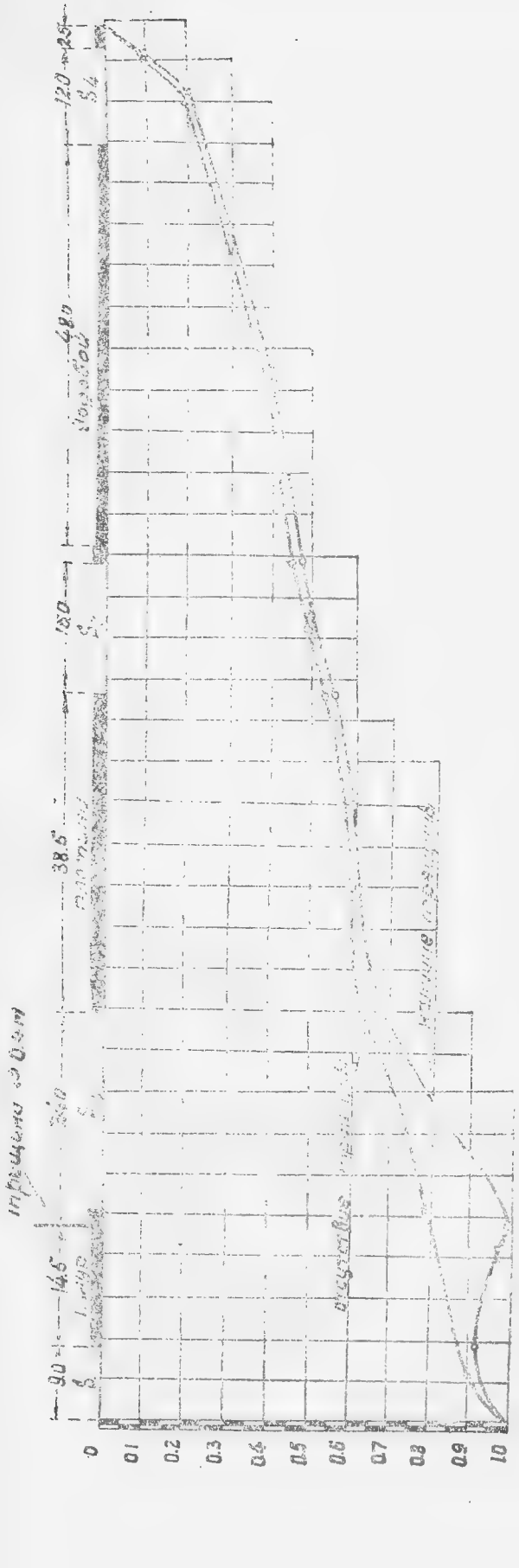


Фиг. 5.

с тем опыты опровергают существующее иногда мнение о том, что в результате появления трещины выключается из фильтрационной работы грунтового потока понур, как часть подземного контура, снижающая значения напоров под сооружением.

§ 5. Приток грунтовой воды в котлован шлюза. При разработке проекта шлюза попутно возник вопрос о притоке грунтовой воды в котлован; вопрос этот был освещен методом электрогидродинамических аналогий следующим образом: была смонтирована пластинка (фиг. 7), в которой было принято, что поверхность грунтового потока распространяется в обе стороны от шпунтового ограждения котлована — горизонтально (близ сооружения, в порядке некоторого приближения, это можно признать достаточно точным для целей практики). Затем были построены линии равных напоров, а также измерены величины I и E.

При определении величины фильтрационного расхода по (3) и (6) известно было: $k = 0.0005$ см/сек.; отметка горизонта грунтовых вод — 86.5; отметка дна котлована — 72.9; следовательно, действую-



Фиг. 6.

щий напор $H = 86.5 - 72.9 = 13.6$ м. Расчетная длина котлована (в направлении, перпендикулярном к плоскости чертежа, фиг. 7) была принята $B = 100$ см. В опыте, произведенном при $\delta = 0.02$ мм, $I = 120\,mA$, $E = 0.8\,mV$ было принято $p = 0.0002$. Подставляя все эти данные в (6) получим

$$Q \cong 112 \text{ см}^3/\text{сек}.$$

Что касается характера движения грунтового потока, то таковой достаточно ясно усматривается из расположения полученных опытным путем линий равных напоров.

§ 6. Исследование проницаемости шпунтов. Работа по исследованию проницаемости различных форм шпунтовых соединений, предпринятая по предложению акад. Н. Н. Павловского, имела целью выяснить, какие формы шпунтов являются наилучшими с точки зрения фильтрации через них.

Если представить себе различные формы зазоров при соединении двух шпунтин (см., напр., фиг. 8), то при постоянных k и H величина фильтрационного расхода определится лишь формой зазора, заполненного грунтом[1], т. е. приведенным расходом q_r. Следовательно, если смонтировать пластинки, сделав форму их подобной формам шпунтовых зазоров, то

[1] Коэффициент фильтрации грунта зазора, конечно, отличен от коэффициента фильтрации основной массы грунта.

методом электро-гидродинамических аналогий можно определить q_r:

$$q_r = I_r = \frac{\rho}{\delta} \cdot \frac{I}{E}, \quad \ldots \ldots \ldots \quad (7)$$

где обозначения указаны выше, в § 2.

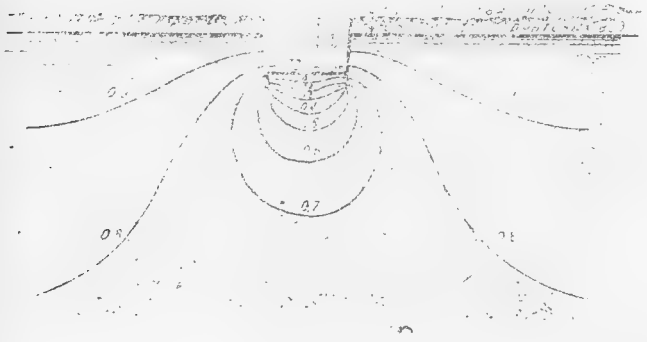
Расход на единицу длины шпунта dS выразится как

$$dQ = k_0 q_r h dS, \quad \ldots \ldots \ldots \quad (8)$$

где k_0 — коэффициент фильтрации грунта, заполняющего зазор между шпунтинами.

При определении полного фильтрационного расхода через шпунт, очевидно, будем иметь

$$Q = k_0 q_r \int_0^s h dS, \quad \ldots \ldots \ldots \quad (9)$$



Фиг. 7.

Фиг. 8.

где $h = f(s)$ может быть найдено либо в некоторых случаях аналитически, либо методом электро-гидродинамических аналогий (как, напр., в случае, показанном на фиг. 5).

Таким образом, для различных схем I, II и т. д. (фиг. 8), возможно определение фильтрационного расхода, и, по последнему, сравнение различных форм шпунтин с точки зрения фильтрации. Ряд предварительных опытов для некоторых (произвольных) форм шпунтов и подтвердил это.

Метод электро-гидродинамических аналогий нашел весьма широкое и разнообразное применение при проектировании Ярославского узла сооружений Средволгостроя; проделанные опыты являются лишь первым шагом к разрешению целого комплекса вопросов, связанных с движением грунтового потока в области всего строительного участка.

Дальнейшие экспериментальные работы, намеченные Технической частью Средволгостроя, должны осветить вопрос о влиянии различной проницаемости шпунтов на величину противодавления, учет различной проницаемости водоносных пластов и т. д. В этом последнем случае большую роль должно сыграть применение жидких проводников, а также опыты над пространственной моделью.

ПРЕНИЯ

Инж. Рельтов. В. И. Давидович в своем докладе довольно подробно изложил те возможности, которыми обладает метод электро-гидродинамических аналогий.

Мне, как работнику, непосредственно руководящему на протяжении ряда лет опытами по методу электро-гидродинамических аналогий, остается, конечно, присоединиться к выводам докладчика. Со своей стороны, я добавлю, что в последнее время, в связи с форсированными темпами гидротехнического строительства, метод этот начинает все больше и больше входить в практику проектирования гидросооружений. Так, например, можно привести уже изрядный список проектных гидротехнических организаций, обращающихся за помощью к этому методу.

Одним из первых в этом списке является Свирское строительство, по заданию которого произведено в общей сложности несколько сот опытов, в разработке которых довольно подробно освещена сложная картина движения грунтовых вод под гидротехническими сооружениями данного строительства.

Дальше можно указать на обширные исследования фильтрации под гидросооружениями Ульбастроя, Нивастроя, Камско-Печорского водного пути и т. д. Все эти опыты подтвердили чрезвычайную доступность, простоту и дешевизну исследований.

Я должен при этом сказать, что вышеупомянутые исследования относятся к так называемой плоской задаче. Между тем, в гидротехнической практике имеется ряд случаев, когда мы имеем дело не с плоским движением грунтовых вод, а с пространственным движением. Так, например, в пределах узла гидротехнических сооружений мы, несомненно, будем наблюдать картину пространственного движения грунтовых вод.

Далее, обращаясь к отдельным элементам узла, можно указать на случаи глубокого дренажа в виде скважин, а также на случай дренажных колодцев, примененных на Свирской плотине или, наконец, дренажных отверстий в флютбете. Во всех указанных случаях картина движения грунтовых вод будет, несомненно, пространственная.

Следует еще отметить случай неоднородного грунта под рассматриваемым сооружением, например, в виде различных линз и прослоек неодинаковой проницаемости. В этом случае общая картина движения потока будет также пространственная.

Однако, несмотря на актуальность вопроса пространственного движения грунтовых вод, таковой до последнего времени не имел удовлетворительного разрешения. Причины этого кроются в трудностях чисто технического характера, ибо одно дело сконструировать плоскую модель, а другое дело — пространственную модель. В этом направлении производились неоднократно попытки и в частности в лаборатории электро-гидродинамических аналогий Института гидротехники, где в конце концов такие попытки увенчались успехом.

В результате удалось сконструировать установку, позволяющую исследовать движение грунтовых вод как пространственную задачу. Тем самым открывается возможность дальнейшего расширения области применения этого метода для весьма интересных случаев, поименованных мною ранее.

Остановлюсь вкратце на схеме этой установки. Для формирования пространственных моделей имеется ящик, схематически представляющийся в виде квадрата. Размеры ящика могут быть различные, в зависимости от масштаба исследуемых моделей. Для первых предварительных опытов были приняты размеры в плане 0.5×0.5 м при глубине 25 см. Эти размеры позволяли принять для моделей масштаб, обычно принимаемый для плоской задачи при бесконечно глубоком водопроницаемом слое. Модель формируется из графита в порошке весьма тонкого помола. Благодаря такому тонкому помолу графит, помимо достаточной электропроводности, принимает весьма крутые откосы, что позволяет формировать из него модели грунта любой формы. В подборе соответствующего материала и заключались главные трудности.

Далее, принципиально данная схема не отличается от схемы, применяемой для плоской задачи. В данной установке предусмотрена возможность питания постоянным и переменным током. Попытки использования переменного тока в обычных установках (для решения плоской задачи) производились неоднократно; однако, их нельзя было признать вполне удовлетворительными, вследствие того, что схемы с переменным током предусматривали пользование телефоном. Такие схемы не могли дать точных результатов, ибо самая точность отсчетов при этом была недостаточной.

В настоящей схеме использована идея выпрямления тока в диагонали мостика Уитстона, для чего сконструирован специальный выпрямитель с применением гальванометра как более точного инструмента. Для грубого подбора точек применяется и телефон, но он играет вспомогательную роль.

Что касается модели исследуемого сооружения, то таковая формируется из пластичной массы, например, парафина, причем в нее закладываются электропьезометры, позволяющие измерять потенциалы на гранях модели. Приключение электропьезометров производится при помощи коммутатора. В частности на схеме изображена модель, относящаяся к случаю исследования фильтрации в обход берегового устоя. На схеме показаны шины, к которым подводится ток; выступающая белая часть представляет собой модель берегового устоя и, наконец, эта часть (*показывает схему*) является моделью исследуемой области грунта.

Инж. Проскурников. Я хотел бы указать на существование несколько иного подхода и другой аппаратуры для определения линий равного напора методом электро-гидродинамических аналогий, по предложению проф. В. Г. Глушкова, что и прорабатывается в настоящее время в Гидротехническом отделе Гидрологического института. При отыскании эквипотенциальных линий мы пользуемся телефоном (радионаушники) и я не согласен с товарищем, который только что выска-

зывался и говорил, что работа с телефоном дает большую неточность и что при этом всегда имеется субъективная оценка. При пользовании гальванометром субъективная оценка также имеет место, только зависит не от уха, а от глаза экспериментатора, и если спросить тех, кто работает с гальванометром, то можно услышать, что весьма утомительно, а иногда невозможно находить положение, при котором мостик Уитстона уравновешивается.

Кроме того я хотел бы, пользуясь случаем, рассеять сомнение относительно количественных результатов, получаемых по методу электро-гидродинамических аналогий. С пластинками приходится делать много измерений; надо знать толщину пластинки и пр. В приборе Гидрологического института исключается эта часть, так как вводится так называемый стандарт, куда наливается та же самая жидкость, такой же толщины; в результате измерений и получается, что этот приведенный расход (мы его называем фильтрационным интегралом) является отношением потери напряжения в стандарте к потере напряжения в модели. Эта часть является сейчас весьма ценной, и мы проверили с помощью такого стандарта схемы, теоретически решенные акад. Павловским; получилось расхождение порядка 3—4%. Мы относим это за счет недостаточной точности нашей конструкции. Такой звуковой прибор электро-гидродинамических аналогий является общедоступным. Вовсе не надо иметь лабораторию, а каждый инженер может у себя дома, на письменном столе, соорудить его, имея для этого 1—2 батареи по полтора вольта, зуммер, обыкновенный электрический звонок, медные шины, провода, стекло и менделеевскую замазку.

Председатель. Я скажу несколько слов в порядке прений. Мне, прежде всего, хотелось бы остановиться на тех данных, которые привел докладчик относительно влияния трещин в понуре. Дело в том, что опытами В. И. Давидовича, а также равным образом и предыдущими опытами, которые были поставлены под моим руководством, совершенно определенно доказано весьма малое влияние трещин в понуре на гидродинамические элементы потока. Это открывает значительные возможности для практики в том смысле, что не следует бояться длинных понуров. Можно делать понур, имеющий длину 10—12 напоров.

Затем по поводу фильтрующего водобоя надо отметить, что он имеет значение не только для уменьшения объема бетонной кладки самого водобоя, но также и в том смысле, что он заметно снижает противодавление на подошву тела плотины. Может быть, для Ярославльской плотины это не имеет особенного практического значения, но есть ряд сооружений, для которых это обстоятельство чрезвычайно важно.

По поводу металлических шпунтов укажу, что высказанная мною мысль об их испытании на этом приборе дает возможность подойти к выбору профилей этих шпунтов в отношении фильтрации, а пространственный прибор позволит учесть также несовершенство деревянных шпунтовых рядов. Обычно в практике часто ссылаются на то, что деревянные шпунты работают несколько неопределенно из-за

«расхождения» шпунтин, а также вследствие их неплотности, и наконец — вследствие разрушения шпунтов с течением времени. На пространственной модели можно хорошо осветить эти явления и вывести некоторое понятие о коэффициенте полезного действия шпунта разных конструкций и в разных условиях.

Теперь два слова по поводу вопроса о переходе к количественной стороне дела. Этот вопрос надо разбить на две части. В одних вопросах гидротехники не нужно знать ни толщины пластинки, ни ее электропроводящих свойств, а важно только, чтобы толщина пластинки была равномерной и чтобы электропроводящие свойства были также одинаковы по всему испытуемому листу. Следовательно, тут остается только проверить эти свойства на весьма простом опыте. Для этого надо взять прямоугольную пластинку и пропустить через нее ток с одного конца на другой, — тогда сетка движения должна представлять собою совокупность квадратов; если они получатся на данном материале, то это доказывает равномерность толщины пластинки и равномерность электропроводящих свойств данного материала. Таким образом нужно проверять партию станиоля, когда он получается для опытов.

В других вопросах гидротехники электропроводящие свойства пластинки имеют значение, но их можно легко выяснить на тех же прямоугольных пластинках. Если это учесть, то можно вполне согласиться, что предложенный мною метод дает не только качественное решение, но и количественное, и притом настолько точное, что результаты вполне совпадают с теоретическим решением. Если будут некоторые отступления от действительности, то они кроются не в моей теории и не в этом экспериментальном методе, а в том обстоятельстве, что в действительности под сооружениями не может быть идеально однородного грунта, и в некоторых других обстоятельствах, не связанных ни с теорией, ни с этим прибором.

В заключение я хотел бы отметить весьма важное сообщение, сделанное здесь инж. Рельтовым, а именно — о приборе для изучения «пространственной задачи». Действительно, этот прибор дает широкие возможности в области исследования тех вопросов, которые уже назвал инж. Рельтов; кроме того, можно отметить еще такие: фильтрация в обход сооружения, фильтрация при разнородной структуре грунта (что легко может моделироваться на этом приборе) и пр.

Полезно также отметить наглядность этого прибора, потому что он воспроизводит в мелком масштабе природные условия, и разница заключается только в том, что здесь «движется» не грунтовая вода, а электрический ток.

По поводу модели с жидкими проводниками: в конце концов, что проще — сказать трудно. Я могу только отметить, что жидкая модель имеет тот недостаток, что на ней труднее фиксируются точки; на станиолевых же пластинках все необходимые точки воспроизводятся быстро и прочно, пластинки остаются как документ, их можно использовать, дополнять, пересоставлять, перекраивать, так что целый ряд достоинств способ пластинок имеет.

Что касается использования телефона или гальванометра, то это вопрос совершенно второстепенный и спорить о нем не приходится. В некоторых случаях можно обходиться и телефоном.

Если нет больше желающих высказаться, то дадим заключительное слово В. И. Давидовичу.

В. И. Давидович (*заключительное слово*). Методом электро-гидродинамических аналогий, предложенным акад. Н. Н. Павловским для исследования движения грунтовых вод, занимаются в последнее время все больше и больше. Так, истекшие 2—3 года показывают, что от разрешения вопросов плоской задачи намечается постепенный переход и к разрешению вопросов пространственной задачи.

Кроме того, методом электро-гидродинамических аналогий занимаются и для исследования ряда других вопросов. Так, в последнее время в «Докладах» Парижской Академии Наук было сообщение о применении этого метода к вопросам обтекания цилиндра; был ряд и других исследований.

Подчеркивая весьма серьезное значение этого метода, хочу в заключение отметить следующее. Конечно, исследования количественные (например, определение фильтрационного расхода) бесспорно всегда связаны с некоторыми дополнительными измерениями, к каковым относятся: измерение толщины исследуемой пластинки, некоторые электрические измерения и т. д. Я должен возразить инж. Проскурникову, который говорил здесь, что много времени требует измерение силы тока и разности потенциалов. Надо сказать, что в сконструированном приборе времени на это тратить не приходится, потому что амперметр обычно включен в цепь, и вся работа заключается в том, что нужно лишь посмотреть на его показания. То же самое касается и величины разности потенциалов. Если мы имеем какую-либо пластинку, то границами грунтового потока применительно к фиг. 1 являются дно верхнего и нижнего бьефов, и необходимо лишь приложить два контакта вольтметра к этим границам и измерить таким образом величину напряжения. Так что все измерения, связанные с определением фильтрационного расхода, исчисляются секундами, и по техническим условиям прибор является не менее доступным, чем тот, о котором говорил инж. Проскурников.

Наконец, в заключение должен сказать, что нельзя не приветствовать осуществление прибора для исследования пространственной модели. Вопрос о том, что здесь применить: графит или жидкие проводники — это, конечно уже дело техники, деталь, и следует, конечно, выбрать тот материал, который даст наилучшие результаты; не столь важно — будет ли это подкисленная вода, графит или что-нибудь иное. Во всяком случае опыты с пространственной моделью должны дать весьма большие результаты, и мне приходится лишь только выразить свое удовлетворение по этому поводу, так как идея применения электро-гидродинамических аналогий для исследования пространственной модели была мною предложена (для жидких проводников) еще в конце 1931 г. (о чем упомянуто в моей статье «Лаборатория электро-гидро-

динамических аналогий», помещенной в сборнике «Описание лабораторий НИИГ», Ленинград, 1933).

Председатель. Прежде всего надлежит отметить большое практическое значение, которое имеет этот метод при плоской задаче; можно указать на ряд тех проектных вопросов, которые непосредственно для Ярославльской плотины уже были решены и которые намечены для постановки в дальнейшем.

Следует, далее, указать на весьма большое значение пространственного прибора, что доказывается тем кратким сообщением Б. Ф. Рельтова, которое здесь заслушано по этому вопросу. Равным образом, следует отметить также большой интерес, который представляют «жидкие модели». Эти жидкие модели применимы, конечно, и для «плоской» задачи; в какой мере они окажутся удобными для «пространственной» задачи, пока еще не вполне ясно, но несомненно, что и на этом пути можно искать решения.

Какие добавления имеются?

С места. Указать о трещине в понуре.

Председатель. Я бы сказал, что, если мы пойдем таким путем, найдется очень много элементов, которые связаны с этим методом и которые, собственно, нужно отнести не столько за счет этого прибора, сколько за счет самой теории, потому что прибор только реализует теоретическую постановку. Поэтому я лично, как участник Секции, был бы против того, чтобы добавлять указания, связанные уже скорее с теорией (*возражений нет*).

(*Заключительное слово Председателя принимается как мнение Секции по данному докладу*).

Председатель. Прежде чем предоставить слово следующему докладчику, позвольте поставить вопрос о порядке наших дальнейших занятий в сегодняшнем заседании. Нам предстоит заслушать еще два доклада, относящихся к общей теме — земляным плотинам, почему представлялось бы правильным подвергнуть эти доклады совместному обсуждению. Полагаю, однако, что такое обсуждение может состояться лишь завтра, в начале заседания, сегодня же мы имеем время, очевидно, лишь для заслушания обоих докладов (*возражений нет*).

Слово имеет инж. Р. Р. Чугаев для доклада на тему «К вопросу о расчете устойчивости земляных плотин, проектируемых для ирригации Заволжья», а затем — инж. Тихов для доклада «Дренаж земляных плотин».

Р. Р. ЧУГАЕВ

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН, ПРОЕКТИРУЕМЫХ ДЛЯ ИРРИГАЦИИ ЗАВОЛЖЬЯ

Настоящее сообщение будет касаться тех расчетных приемов, которые были предложены мною при проверке устойчивости земляных масс левобережной части Камышинской плотины.

Левобережная часть Камышинской плотины, согласно проекту Ленинградского отделения Нижневолгопроекта, представляет собою земляную дамбу, сопрягающую левый берег реки со шлюзом. Длина этой земляной дамбы-плотины 1000 м и наибольшая высота ее 30.0 м. Что касается основания ее, то таковое образовано относительно мощным слоем глинистых грунтов, залегающих на слое опоки. Сама плотина выполнена также из глинистых грунтов, причем верховой откос ее покрыт глиняным экраном, переходящим в нижней своей части в «понур» длиной до 200 м.

Останавливаясь кратко на существующих методах расчета устойчивости откосов, отметим, что в этом отношении, как то указывает Терцаги, можно различить французский и шведский методы.

Что касается французского метода, разработанного Резалем и Фронтаром, то таковой, как известно, основывается на рассмотрении равновесия элементарной призмы грунта, основание которой образует часть поверхности обрушения, причем используются известные положения Реккина в отношении сопряженных напряжений. Исходя из этого метода, Фронтаром были даны для практического пользования: уравнение кривой обрушения откоса и выражение для так называемой критической высоты насыпи, т. е. высоты, при которой данный плоский откос еще является устойчивым.

Переходя к шведскому методу, отметим, что в основу этого метода положено предложение Петтерсона, согласно которому поверхность обрушения принимается в виде поверхности кругового цилиндра.

Пользуясь названным предложением Петтерсона, рядом ученых (Свен Гультеном, Феллениусом, Терцаги и др.) были даны различные способы расчета устойчивости отсека грунта, ограниченного дугой окружности обрушения, причем все эти способы предусматривают решение поставленной задачи об устойчивости откоса путем ряда попыток: с тем, чтобы выяснить степень устойчивости откоса, задаются рядом окружностей обрушения и затем, исследуя устойчивость грунта в отношении каждой намеченной окружности в отдельности, находят наиболее «опасную» окружность, устойчивость грунта в отношении которой и свидетельствует о степени надежности данного откоса.

Терцаги в одной из своих статей, рассматривая вопрос о расчете земляных откосов, отмечает, повидимому вполне основательно, несостоятельность французского метода расчета и излишнюю сложность способов Свен Гультена, а также Крея. При этом Терцаги, рекомендуя следовать шведскому методу расчета откосов, дает согласно этому методу, как уже было отмечено выше, свой способ расчета.

Учитывая значительные преимущества способа Терцаги, мы исходили именно из этого способа, причем в него были внесены некоторые видоизменения, еще более упрощающие расчет.

Прежде чем коснуться названных видоизменений, остановимся на кратком пояснении способа Терцаги.

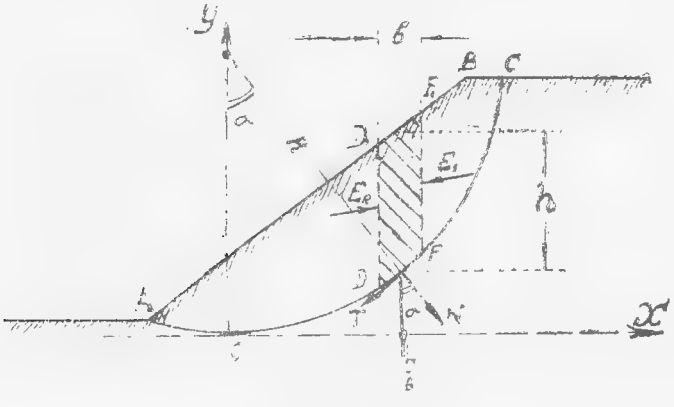
Как известно, расчетная схема Терцаги заключается в следующем. Представим себе земляной откос AB (фиг. 1) и некоторую возможную

дугу обрушения AC. Выделим в пределах отсека грунта, устойчивость которого анализируется (см. отсек $ABCD$), элементарную вертикальную полоску D_1F_1FD с шириною b и средней высотою h. При этом, рассматривая плоскую задачу и пренебрегая силами E_1 и E_2 (фиг. 1), будем иметь вес рассматриваемого элементарного столбика грунта:

$$G = bh\gamma, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

где γ — удельный вес грунта; нормальное давление на поверхность DF:

$$N = G \cdot \cos\alpha = bh\gamma \cos\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$



Фиг. 1.

и срезывающее усилие по поверхности DF:

$$T = G \cdot \sin\alpha = bh\gamma \sin\alpha, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

где угол α показан на чертеже.

Разбивая далее рассматриваемый отсек $ABCD$ на ряд элементарных полос, подобных полосе D_1F_1FD, и обозначая: через S длину дуги AC, через c удельную силу сцепления и через φ угол внутреннего трения, получаем действительное срезывающее усилие по дуге обрушения AC:

$$\sum T = \sum G \cdot \sin\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

и срезывающее усилие по дуге AC в момент предельного равновесия грунта =

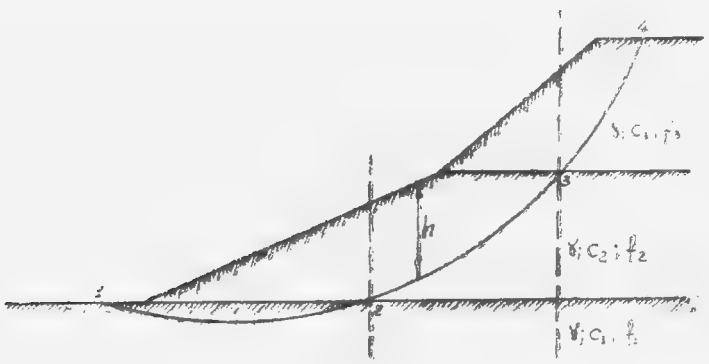
$$\operatorname{tg}\varphi \cdot \sum N + cS = \operatorname{tg}\varphi \cdot \sum G \cdot \cos\alpha + cS, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

причем, очевидно, выражение для коэффициента запаса на устойчивость грунта в отношении заданной дуги обрушения напишется в виде:

$$\frac{\operatorname{tg}\varphi \cdot \sum N + cS}{\sum T} = k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Терцаги для вычисления коэффициента β по формуле (6) дает прием, заключающийся в суммировании сил T и N, определяемых путем графического разложения силы G. Этот графический прием является относительно простым. Однако, имея в виду, что при расчете плотины приходится рассматривать устойчивость нескольких откосов, причем для каждого откоса надлежит иметь в виду ряд различных расчетных случаев (см. ниже), графический способ Терцаги, несмотря на всю его относительную простоту, требует, в общем, все же довольно большой затраты времени.

Учитывая это обстоятельство, мы, как то было отмечено, стремясь к упрощению рассматриваемого способа, наметили два следующих приема определения коэфициента устойчивости β по формуле (6):



Фиг. 2.

I. Аналитический прием определения коэффициента β путем суммирования. — Подставляя в формулу (6) выражения для N и T по формулам (2) и (3), после соответствующих преобразований получаем:

$$\beta = \frac{f \cdot \sum h \cdot \cos\alpha + \frac{c}{\varepsilon} \sum \Delta S}{\sum h \cdot \sin\alpha}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

где

$$f = \operatorname{tg}\varphi$$

и

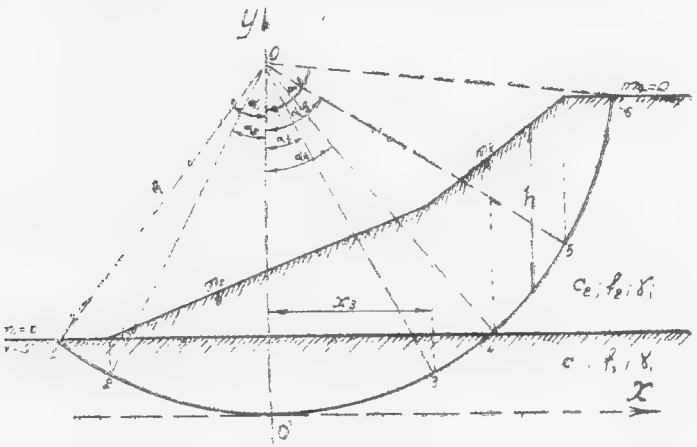
$$\varepsilon = b\gamma = \text{const.}$$

При этом нетрудно видеть, что, в случае неоднородного грунта (фиг. 2), выражение для коэффициента β приобретает вид:

$$\beta = \frac{f_1 \sum_1^2 h \cdot \cos\alpha + f_2 \sum_2^3 h \cdot \cos\alpha + \ldots + f_{n-1} \sum_{n-1}^n h \cdot \cos\alpha}{\sum_1^n h \cdot \sin\alpha} +$$

$$+ \frac{\frac{c_1}{\varepsilon} \sum_1^2 \Delta S + \frac{c_2}{\varepsilon} \sum_2^3 \Delta S + \ldots + \frac{c_{n-1}}{\varepsilon} \sum_{n-1}^n \Delta S}{\sum_1^n h \cdot \sin\alpha} \quad \ldots \quad (8)$$

Учитывая, что при осях координат, принятых, как то показано на фиг. 1, $\sin\alpha$ оказывается равным $\frac{x}{R}$, где x — абсцисса центра тяжести данной элементарной полоски и R — радиус дуги обрушения, вычисление коэффициента β по указанным формулам может быть легко выполнено, не прибегая к построению многоугольников сил, причем в случае однородного грунта (см. формулу (7)) представляется возможным составить специальную таблицу, подобную известной таблице Крея, но содержащую всего 6 граф, в то время, как у Крея мы имеем не менее 11 граф (причем, как известно, Крей не учитывает сцепления и задача в его таблице решается путем попыток).



Фиг. 3.

II. Аналитический прием определения коэффициента β путем применения интегрирования. — Из рассмотрения уравнения (7), а также более общего уравнения (8), видно, что, в случае откоса, образованного плоскостями, эти уравнения легко поддаются интегрированию, причем весь вопрос сводится к решению интегралов:

$$I_{\text{I}} = \int h\cos\alpha\,dx; \qquad I_{\text{II}} = \int h\sin\alpha\,dx; \qquad I_{\text{III}} = \int \frac{1}{\cos\alpha}\,dx, \quad \ldots (9)$$

где h и α, как видно из фиг. 1, есть функции от x.

Не останавливаясь здесь на интегрировании, приведем окончательные выражения коэффициента β только для некоторых частных случаев.

Вводя обозначения:

$$\left.\begin{aligned} \eta &= \sin\alpha - \frac{1}{3}\sin^3\alpha; \qquad j = \frac{1}{2}(\sin\alpha\cdot\cos\alpha - \alpha); \\ \zeta &= \frac{1}{3}\cos^3\alpha; \qquad \xi = \frac{1}{3}\sin^3\alpha; \qquad \varkappa = \frac{1}{2}\sin^2\alpha, \end{aligned}\right\} \quad \ldots (10)$$

имеем:

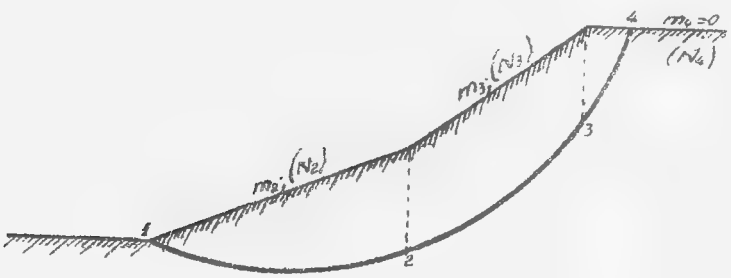
1. Случай, представленный на фиг. 3:

$$\beta = \frac{T_0 + C}{T}, \quad \ldots\ldots\ldots (11)$$

где:

$$T_0 = f_1 \left\{(\eta_4 - \eta_1) + N_1(j_2 - j_1) + \left[N_2(j_3 - j_2) - \frac{1}{m_2}(\zeta_3 + \zeta_2)\right] + \right.$$
$$\left. + \left[N_3(j_4 - j_3) - \frac{1}{m_3}(\zeta_4 - \zeta_3)\right]\right\} + f_2\left\{(\eta_6 - \eta_4) + \right.$$
$$\left. + \left[N_3(j_5 - j_4) - \frac{1}{m_3}(\zeta_5 - \zeta_4)\right] + N_4(j_6 - j_5)\right\}; \quad \ldots \quad (12)$$

$$T = -(\zeta_6 - \zeta_1) - N_1(\varkappa_2 - \varkappa_1) - \left[N_2(\varkappa_3 - \varkappa_2) - \frac{1}{m_2}(\xi_3 - \xi_2)\right] -$$
$$- \left[N_3(\varkappa_5 - \varkappa_3) - \frac{1}{m_3}(\xi_5 - \xi_3)\right] - N_4(\varkappa_6 - \varkappa_5); \quad \ldots \quad (13)$$
$$C = \frac{1}{R}\left[\mu_1(\alpha_4 - \alpha_1) + \mu_2(\alpha_6 - \alpha_4)\right], \quad \ldots \quad (14)$$



Фиг. 4.

причем здесь обозначено: m — коэффициент откоса, $\mu = \frac{c}{\gamma}$ и коэффициент

$$N = \frac{1}{m} \cdot \frac{x_n}{R} + \left(1 - \frac{y_n}{R}\right). \quad \ldots \quad (15)$$

2. Случай, представленный на фиг. 4:

Коэффициент β выражается формулой (11), причем:

$$T_0 = f\left\{(\eta_4 - \eta_1) + \left[N_2(j_2 - j_1) - \frac{1}{m_2}(\zeta_2 - \zeta_1)\right] + \left[N_3(j_3 - j_2) - \right.\right.$$
$$\left.\left. - \frac{1}{m_3}(\zeta_3 - \zeta_2)\right] + N_4(j_4 - j_3)\right\}; \quad \ldots \quad (16)$$
$$T = -(\zeta_4 - \zeta_1) - \left[N_2(\varkappa_2 - \varkappa_1) - \frac{1}{m_2}(\xi_2 - \xi_1)\right] - \left[N_3(\varkappa_3 - \varkappa_2) - \right.$$
$$\left. - \frac{1}{m_3}(\xi_3 - \xi_2)\right] - N_4(\varkappa_4 - \varkappa_3); \quad \ldots \quad (17)$$
$$C = \frac{1}{R} \cdot \mu(\alpha_4 - \alpha_1) \quad \ldots \quad (18)$$

3. Случай, представленный на фиг. 5 для окружности I:

$$\beta = \frac{f\left[(\eta_4 - \eta_1) + N_1(j_2 - j_1) + N_2(j_3 - j_2) + N_3(j_4 - j_3) - \frac{1}{m}(\zeta_3 - \zeta_2)\right]}{-\left[(\zeta_4 - \zeta_1) + N_1(x_2 - x_1) + N_2(x_3 - x_2) + N_3(x_4 - x_3) - \frac{1}{m}(\xi_3 - \xi_2)\right]} + \frac{\frac{1}{R}\cdot\mu(\alpha_4 - \alpha_1)}{-\left[(\zeta_4 - \zeta_1) + N_1(x_2 - x_1) + N_2(x_3 - x_2) + N_3(x_4 - x_3) - \frac{1}{m}(\xi_3 - \xi_2)\right]} \quad (19)$$

Фиг. 5.

4. Случай, представленный на фиг. 5 для окружности II (случай, рассматриваемый у Терцаги):

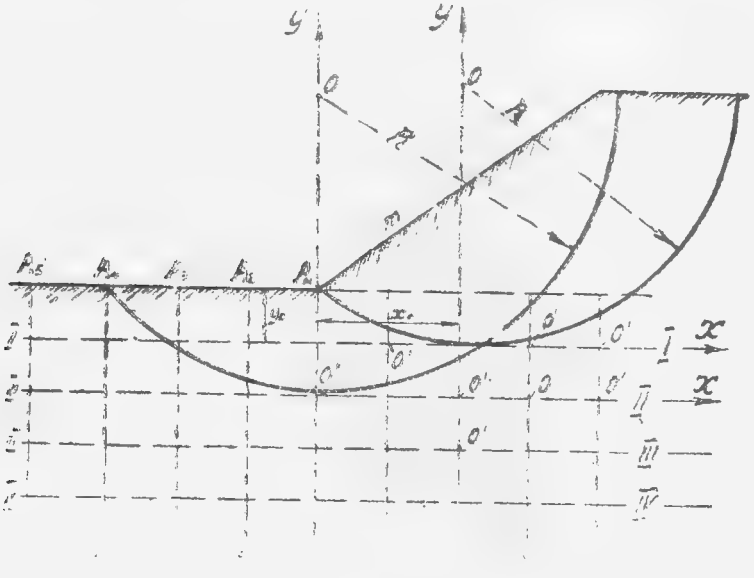
$$\beta = \frac{f\left[(\eta_3 - \eta_1) + N_2(j_2 - j_1) + N_3(j_3 - j_2) - \frac{1}{m}(\zeta_2 - \zeta_1)\right] + \frac{1}{R}\cdot\mu(\alpha_3 - \alpha_1)}{-\left[(\zeta_3 - \zeta_1) + N_2(x_2 - x_1) + N_3(x_3 - x_2) - \frac{1}{m}(\xi_2 - \xi_1)\right]} \quad (20)$$

Ограничиваясь приведенными выражениями коэффициента β, отметим, что для практического пользования предлагаемыми уравнениями нами была составлена соответствующая таблица численных значений коэффициентов η, j, ζ, ξ и x в зависимости от координаты x, причем вычисление коэффициента β для наиболее простых случаев с применением указанной таблицы оказалось возможным делать $\sim$ за 10 минут. В случае более сложных откосов, очевидно, прием интегрирования должен уступать приему суммирования, причем время отыскания коэффициента β увеличивается до получаса. Учитывая, что графический прием Терцаги требует для расчета одной окружности $\sim$ 2 часа, и сообразуясь с тем, что при детальном расчете плотины приходится рассматривать до 100 (если не более) окружностей обрушения, видно насколько эффективными являются предлагаемые приемы.

На ряду с вопросом об определении коэффициента β для заданной окружности обрушения нами был также исследован вопрос о порядке рассмотрения отдельных окружностей, предусматривающем отыскание с наименьшей затратой времени наиболее

«опасной» окружности. При этом мы остановились на следующей схеме расчета.

Представим на фиг. 6 некоторый откос и проведем систему горизонтальных линий: I, II, III ... и систему вертикальных линий 1, 2, 3, ... причем получим ряд точек пересечения O'. Отметив на чертеже точки A_1, A_2, A_3, ..., рассматриваем сперва окружности, исходящие из точки A_1 и касательные к линии I в полученных выше точках пересечения O'; затем переходим к рассмотрению окружностей, также исходящих из точки A_1, но касательных к линии II; далее, подобным же образом используем линии III, IV... Закончив таким



Фиг. 6.

образом с точкой A_1, обращаемся к следующим точкам (A_2, A_3 ...), причем в отношении их поступаем подобно тому, как и для точки A_1. Как видно, каждая задаваемая окружность целиком определяется в отношении соответствующей точки A только двумя координатами x_0 и y_0.

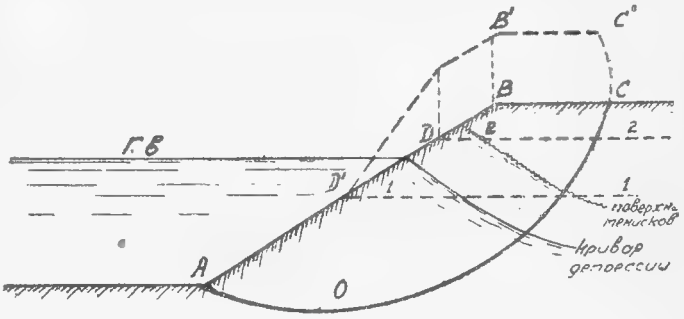
Принимая пояснениую систему рассмотрения окружностей обрушения, весь расчет по выявлению степени устойчивости откоса, имея в виду выведенные выше формулы для коэффициента β (см., напр., формулы (19) и (20)), представляется возможным выполнить в одной таблице, содержащей столько горизонтальных строк, сколько мы рассмотрели окружностей, причем надобность в какой-либо графической работе отпадает, поскольку пояснениую на фиг. 6 схему, в согласии с каковой мы должны задаваться координатами x_0 и y_0, легко представить при расчете в уме. В заключение укажем, что при выборе зоны, в пределах которой надлежит задаваться окружностями обрушения, разумеется следует пользоваться известными критериями Феллениуса.

Закончив на этом рассмотрение предлагаемого приема расчета земляных откосов вообще, перейдем теперь к пояснению т е х о с о-

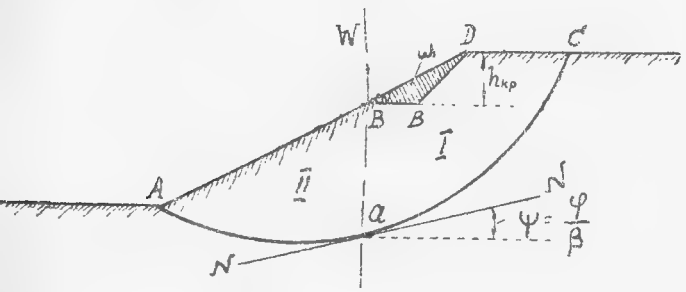
бых условий, в которых находится откос земляной плотины.

Условия работы земляной плотины характеризуются: 1) наличием зоны грунта, насыщенной водою, 2) наличием «капиллярной зоны», 3) течением фильтрующей через тело плотины воды и 4) колебанием горизонта воды в водохранилище.

Вопрос учета первых двух названных факторов относительно прост и сводится, очевидно, к тому, что для подсчета нагрузки на дугу обрушения мы должны предварительно заменить отсек $ABCO$ (фиг. 7) некоторой эпюрой приведенной нагрузки $AD'B'C'CO$, построенной, сообразуясь с удельными весами грунта в различных его состояниях. Надо указать, что для построения эпюры $AD'B'C'CO$ нам представляется допустимым (в большинстве случаев), не считаясь с кривизной линии депрессии и линии поверхности менисков, заменять их горизонтальными прямыми, проведенными с таким расчетом, чтобы мы при этом заведомо получали запас в расчете. В качестве приближенного критерия, могущего служить для суждения о правильности сделанного осереднения линии депрессии и линии менисков, представляется использовать следующее соображение. Возьмем некоторый откос (фиг. 8) и представим себе, что дуга $A — C$ является кривой обрушения; проведем далее касательную $N — N$, составляющую с горизонталью угол $\psi = \frac{\varphi}{\beta}$, причем через точку a, определяемую данной касательной, наметим вертикаль W. При этом легко можно показать, что всякое увеличение нагрузки в зоне отсека обрушения, расположенной правее вертикали W, влечет за собой уменьшение устойчивости откоса, всякое же увеличение нагрузки в зоне отсека обрушения, расположенной левее вертикали W, вызывает увеличение устойчивости откоса.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

Кстати отметим здесь, что поясненное только что свойство вертикали W может быть также полезным при проектировании берм на откосе плотины. Действительно, устраивая берму, как это показано на фиг. 8 (см. $B — B$), мы, явно увеличивая устойчивость откоса плотины, уменьшаем в то же время объем земляных работ.

Что касается третьего из упомянутых выше факторов, характеризующих работу земляной плотины (наличие фильтрации воды в теле плотины), то при расчете Камышинской плотины он учтен не был. В отношении этого фактора можно отметить, что пренебрежение фильтрацией идет в запас прочности верхового клина; что же касается низового клина, то влияние фильтрационного потока на его общую устойчивость при условии устройства дренажа, глубоко дренирующего низовую часть плотины, очевидно, незначительно.

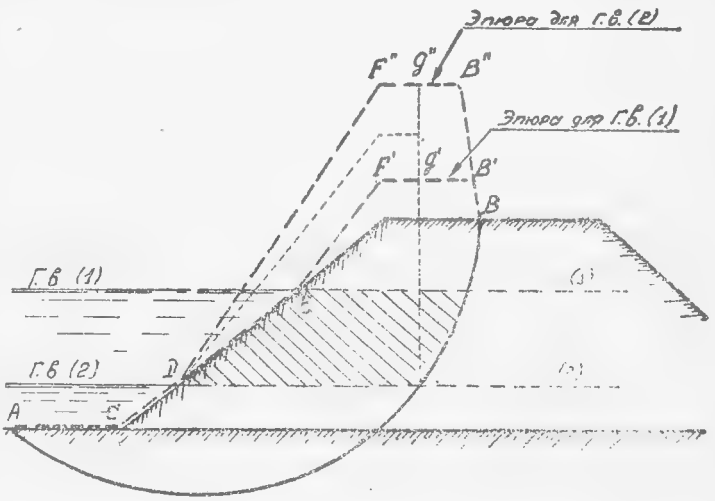
Однако в некоторых случаях влияние фильтрационного потока на устойчивость низового клина может быть, повидимому, значительным, причем учет этого влияния нам представляется вполне возможным, если воспользоваться теорией фильтрационных сил, предложенной и разработанной акад. Н. Н. Павловским.

Подчеркну, что, делая вышеуказанные пояснения, я все время имею в виду о б щ у ю устойчивость низового откоса. Что касается местных размывов грунта фильтрационным потоком, то этого вопроса я здесь не касаюсь, хотя он, как известно, может иметь иногда существенное значение для прочности плотин.

Останавливаясь, наконец, на последней из отмеченных выше особенностей работы земляной плотины (имеется в виду фактор колебания горизонта воды в водохранилище), укажем, что это обстоятельство имеет весьма существенное значение. Дело в том, что при снижении горизонта воды в водохранилище и последующем за ним опускании кривой депрессии, грунт тела плотины в некоторой своей части перестает быть взвешенным, в результате чего нагрузка на скелет грунта основания соответствующим образом возрастает. При этом, если мы имеем плотину, расположенную на упругом глинистом основании, то указанное увеличение нагрузки, как известно, в первый момент времени после опускания горизонта воды передается на воду, насыщающую основание плотины, причем мы получаем весьма неблагоприятный случай для устойчивости земляных масс: силы, стремящиеся вызвать сдвиг по некоторой поверхности обрушения, отвечают сниженному горизонту воды, т. е. имеют относительно большое значение; силы же, могущие противодействовать сдвигу (силы трения в предельном равновесии), отвечают примерно неснижепному горизонту воды, т. е. имеют относительно малое значение.

Заметим здесь кстати, что отмеченным обстоятельством объясняется ряд известных явлений, связанных с опусканием и поднятием горизонта воды в водоемах, как-то: оползание мостовых креплений откосов, обрушение глиняных напорных экранов земляных плотин (при поднятии горизонта воды), а также их прикрытий и т. д. Кроме того, имея в виду указанное, становится ясно, сколь опасным случаем в отношении устойчивости откосов плотин является период постройки плотины, располагаемой на глинистом основании (поскольку в первое время существования плотины нагрузка от нее передается почти исключительно на грунтовую воду). Имея в виду учесть рассматриваемое явление при проектировании верхового откоса Камышинской плотины, нами был применен следующий приближенный расчетный прием.

Рассматривая начальное и конечное положение горизонта воды [см. фиг. 9, горизонт воды (1) и горизонт воды (2)], строим эпюры нагрузки на окружность обрушения для обоих этих горизонтов воды. Далее, исходя из вышеизложенных способов, подсчитываем силы, стремящиеся вызвать обрушение, и силы, могущие противостоять обрушению (т. е. силы трения в предельном равновесии), причем при определении сил, вызывающих обрушение, пользуемся эпюрой нагрузки, построенной для горизонта воды (2) (см. $ACDF''B''B$); при определении же сил, противостоящих обрушению, — эпюрой нагрузки $ACEF''G'G''B''B$. Наконец, сопоставляя между собой найденные выше силы, подсчитываем значение коэффициента β, которое и свидетельствует об устойчивости грунта в отношении заданной дуги обрушения.



Фиг. 9.

Отметим, что, пользуясь поясненным расчетным приемом, представляется возможным учесть также устойчивость плотины (располагаемой на глинистом основании), отвечающую моменту окончания работ по ее постройке.

Надо сказать, что изложенный прием заведомо предусматривает некоторый запас прочности. С целью снижения этого запаса представляется возможным несколько увеличить при расчете ординаты эпюры $ACEF''G'$, что может быть сделано путем умножения отрезков $G'G''$, $F''F''$ и т. д. на некоторый коэффициент, лежащий в пределах от 0 до 1.0 и учитывающий фильтрационные свойства основания.

Подчеркнем, что данный прием является в значительной мере приближенным. Однако, тут же надо отметить, что к особой точности в данном случае стремиться нет надобности, поскольку основные принятые нами положения уже содержат в себе значительную долю допущений (напр., то, что кривая обрушения есть окружность и т. д.).

Заканчивая на этом мое сообщение, отмечу в заключение, что затронутые мною вопросы, особенно вопрос, связанный с колебанием горизонта воды в водохранилище, безусловно нуждаются в дальнейшем их исследовании.

Председатель. Слово предоставляется т. Тихову для доклада на тему «Дренаж земляных плотин».

В. ТИХОВ

ДРЕНАЖ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН

При разрешении многих гидротехнических проблем, в частности при разрешении проблемы орошения Нижневолжских степей водами р. Волги и местного стока, для создания больших и малых водохранилищ останавливаются на сооружении земляных плотин. Это обстоятельство вызывается местными специфическими условиями как в отношении наличия местных строительных материалов, удовлетворяющих требованиям строительства земляных плотин — суглинков и песчанистых глин, так и в отношении довольно слабых оснований по створам плотин.

Вопрос устойчивости земляных плотин вообще и, в частности, высоких на данном этапе представляет одну из труднейших задач в области гидротехники. Обособленно может стоять вопрос об устойчивости низового откоса в связи с дренированием низовой части профиля земляных плотин.

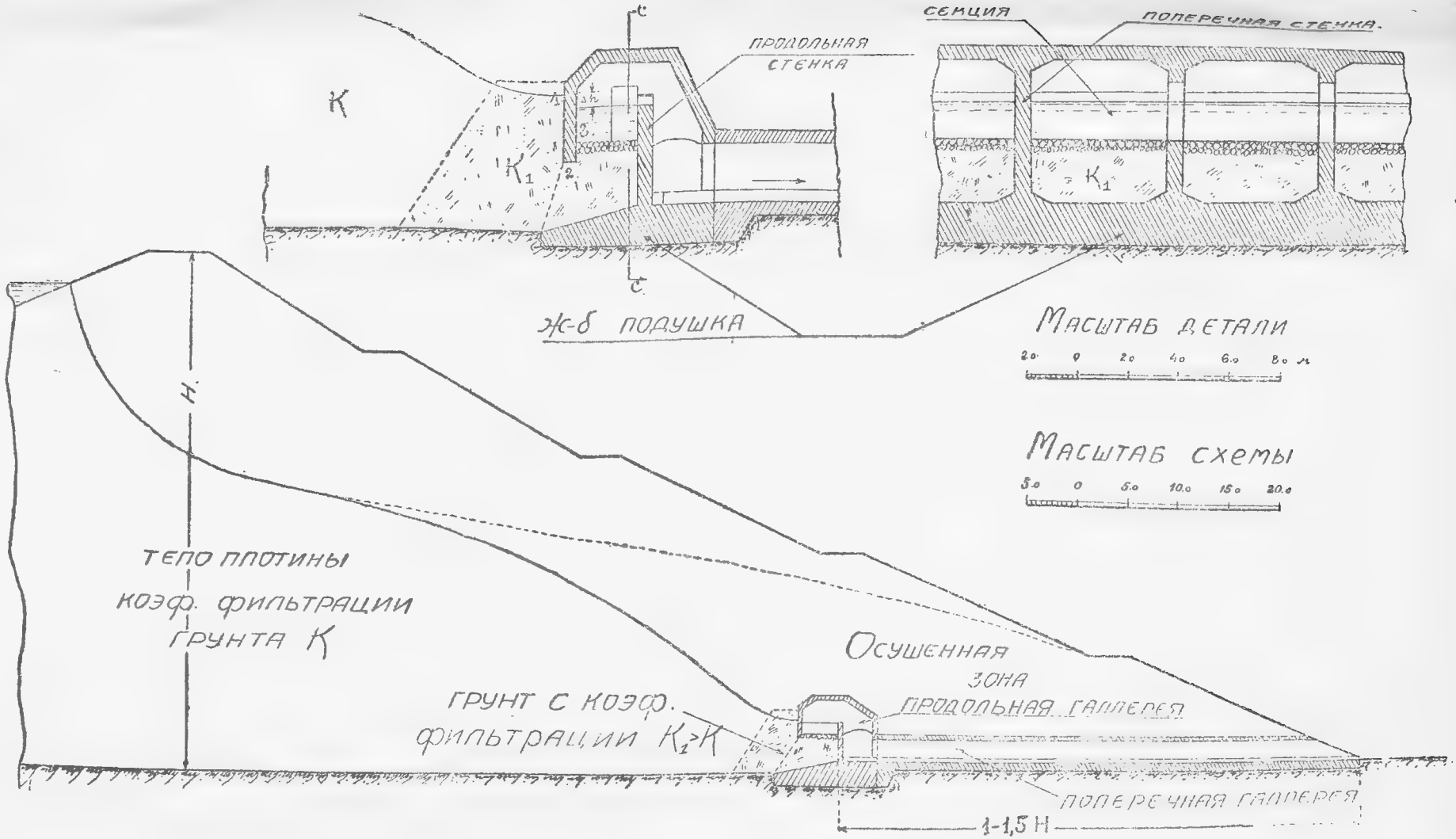
Как известно, низовой откос земляных плотин разрушается выклинивающимся на нем фильтрационным потоком. Наиболее реальным методом борьбы с ним является введение внутрь тела плотины дренажа.

От нормального работающего дренажа требуется выполнение следующих условий. Первое — прежде всего, обеспечение полного перехватывания фильтрационного потока обратными фильтрами; второе — обеспечение постоянного и бесперебойного отвода фильтрационных вод за пределы сооружения и обеспечение от выноса частиц тела плотины за пределы сооружений вместе с фильтрационными водами.

Я не останавливаюсь здесь на существующих системах дренажа. Для краткости доклада я укажу лишь на главные недостатки, которые имеются в существующих системах дренажа. Первый недостаток состоит в следующем: элементы дренажа, как-то: гончарные трубы, дренажные траншеи и каменные призмы с обратными фильтрами, заложенные внутрь тела плотины в период строительства, не могут быть осматриваемы в период эксплоатации. Второй недостаток — неравномерная осадка плотины, которая неизбежна при большой высоте ее, а также возможное несовершенство в производстве работы по укладке дренирующих материалов в траншеи или же обратных фильтров могут нарушить работу дренажа. Это может вызвать следующее: или образование пробок в дренажной системе, а следовательно, подъем фильтрационного потока и кривой депрессии и выклинивание ее на низовом откосе, или же вынос частиц грунта за пределы сооружения.

Данные обстоятельства усугубляются еще тем, что при существующей системе дренажа фильтрационный поток, подходя к дрене, имеет (теоретически) максимальную скорость, а поэтому и зона разрушения возможна около самой дрены.

Указав кратко некоторые соображения по существующим системам, я перехожу к предлагаемой системе дренажа. Идея заключается


С
С
К
К1
1
2
3
продольная стенка
секция
поперечная стенка
К1
ж-б подушка
Масштаб детали
2.0 0 2.0 4.0 6.0 8.0 м
Масштаб схемы
5.0 0 5.0 10.0 15.0 20.0
Н
тело плотины
коэф. фильтрации
грунта К
грунт с коэф.
фильтрации К1>К
Осушенная
зона
продольная галлерея
поперечная галлерея
1-1,5 Н

Фиг. 1.

в следующем: в низовой части земляной плотины устраивается система дренажа, доступного осмотру, контролю и ремонту и состоящего из продольной галлереи с водоприемником, которая тянется на всю длину плотины, и поперечной галлереи, которая служит для сообщения с поверхностью (дневной). Продольная галлерея является наиболее ответственной частью, так как она служит для приема всего фильтрационного потока; продольная галлерея состоит из следующих элементов. Прежде всего, она образуется железобетонной коробкой, которая продольной железобетонной стенкой (материал, конечно, может быть и другой) делится на две части: напорная часть — водоприемник — и низовая часть, т. е. та часть, которая служит для сообщения по всей системе дренажа, а также для подвода профильтрованных вод к поперечной галлерее. Для того, чтобы подойти к конструированию водоемника, разберу кратко гидравлическую сущность перехватывания фильтрационного потока.

Как известно, единичный расход фильтрационного потока в каком-либо сечении будет выражаться такой фомулой:

$$q = \omega \cdot k \cdot I \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Принимая фильтрационный поток в водоприемник, мы отверстию последнего должны придать такие размеры, чтобы оно пропустило весь фильтрационный поток со скоростями, при которых грунт, заполняющий водоприемник, будет иметь устойчивость на вымывание. Предположим, что мы имеем отверстие водоприемника $\omega_1 < \omega$ и установившийся горизонт в водоприемнике на определенной отметке; тогда фильтрационный расход будет выражен следующей зависимостью:

$$q = \omega_1 k_1 I_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Приравнивая правые части, можно получить:

$$\frac{\omega}{\omega_1} = \frac{k_1 I_1}{kI} \quad , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

то есть площади фильтрационного потока и площадь отверстия водоприемника обратно пропорциональны скоростям фильтрации.

Из этой зависимости можно получить следующее выражение:

$$k_1 I_1 = \frac{\omega k I}{\omega_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

или

$$\omega_1 I_1 = \frac{\omega k I}{k_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Величина I_1 есть гидравлический градиент, который может быть выражен следующей зависимостью из условия невымываемости грунта:

$$I_1 = \frac{1}{c} .$$

Давая I_1 значение, хотя бы по шкале Блея, можем определить коэффициент фильтрации грунта для заполнения водоприемника, или же при данном k_1 можно получить площадь отверстия водоприемника.

Следовательно, конструкция водоприемника представляет следующее: фильтрационный поток принимается призмой из грунта с коэффициентом k_1; здесь устанавливается какой-то определенный горизонт воды. Далее фильтрационный поток проходит через затопленное отверстие во внутрь водоприемника. Продольная галлерея по всей длине разделена поперечными стенками на ряд секций, причем продольная и поперечные стенки служат жесткими связями всей коробки, которыми последняя связана с железобетонной подушкой, покоящейся на грунте.

В заключение следует указать, что предлагаемая нами система дренажа будет более совершенно разрешать вопрос о перехватывании фильтрационного потока внутри тела плотины. Но необходимо отметить, что она требует дальнейшей, более углубленной проработки и, главное, лабораторных исследований, так как может возникнуть много вопросов по конструкции водоприемника.

Сейчас меня интересует вопрос об устойчивости грунта в водоприемнике на выпирание под действием земляных масс, который, мне кажется, может быть разрешен в положительную сторону.

Относительно статической устойчивости галлереи, мне кажется, не может возникнуть особых осложнений.

Председатель. На этом разрешите закончить сегодня нашу работу.

(*Заседание закрывается*)

СЕКЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

ЗАСЕДАНИЕ 28 НОЯБРЯ 1933 года

Председательствует акад. Н. Н. Павловский.

ПРЕНИЯ

Председатель. Разрешите открыть наше заседание.

Вчера мы условились, что сегодня мы должны провести дискуссию по двум вчерашним докладам о земляных плотинах. Предлагаю высказываться одновременно по тому и другому докладу, так как они оба касаются одного и того же вопроса и в некоторой мере между собой связаны.

Порф. Гришин. Несомненно, что вопрос о расчете устойчивости земляных откосов и вообще земляных сооружений сейчас приобретает важное значение, так как приходится переходить к все более высоким и, значит, обладающим значительным весом и усилиями сооружениям, как, в частности, высокие земляные плотины. Это же имеет значение и при расчете оснований сооружений, находящихся под действием горизонтальных и вертикальных сил. Мы располагаем сейчас пока еще очень небольшим аппаратом для расчета устойчивости, именно теорией Феллениуса, Крея и ряда других авторов, основанной на криволинейных поверхностях обрушения.

В докладе Р. Р. Чугаева даны некоторые упрощения, а также технические улучшения методики расчета. В этом направлении работа чрезвычайно полезна, потому что она сокращает всю операцию, но с моей точки зрения, несмотря на все это, данный метод расчета является все-таки далеким от совершенства по следующим соображениям.

Во-первых, здесь предполагается некоторое постоянство коэффициента сцепления, ибо форма поверхности разрушения зависит, главным образом, от величин сил сцепления. При отсутствии сцепления (сыпучие грунты) поверхность обрушения представляет наклонную плоскость, при появлении сцепления поверхность становится криволинейной, а для грунтов с весьма большой величиной сцепления, например, превосходящей 2 кг и больше на 1 см^2, приближающихся к твердым телам, мы будем иметь почти вертикальный устойчивый откос. Поэтому, принимая в расчете криволинейную поверхность обрушения в виде окружности, мы предполагаем в грунте некоторую неизвестную нам среднюю величину силы сцепления c, и только для этих условий может быть пригодна данная схема расчета. При изменении же c форма разрушающейся поверхности будет иная: при

уменьшении *c* она приближается к плоскости, а при увеличении *c* делается более крутой вверху. Сказать, что поверхность всегда будет окружностью или близкой к ней — нельзя.

Затем в этом методе расчета не учитывается такое обстоятельство, как изменение коэффициента *c* во времени. Этот коэффициент зависит от влажности грунта и других внутренних сил, действующих на данное сооружение. Между тем, мы знаем, что плотина находится в самых разнообразных условиях влажности — в период постройки, пуска, в период изменения уровня воды и даже оказывают влияние климатические колебания воздуха, как показывает Терцаги в своих примерах. Поэтому данный расчет является по своим результатам сугубо приблизительным, так как коэффициент *c* является числом непостоянным.

К тому же мы вообще не умеем определять правильно коэффициент *c*, так как для этого нет удовлетворительной методики, особенно в условиях нахождения грунта в определенном состоянии уплотнения, в котором он находится в плотине. Мы можем определить коэффициент *c* только на приборах, которые оставляют пока желать много лучшего. К таким расчетам поэтому нужно относиться с известной долей осторожности.

Обращаясь дальше к этому расчету, следует отметить, что, не говоря о форме поверхности обрушения, положение поверхности обрушения является неопределенным и изыскание наиболее опасной поверхности обрушения сложное и трудное дело. Докладчик предложил здесь ряд улучшений в этом отношении, ускоряющих нахождение опасного положения кривой. Это, конечно, уже известный шаг вперед, но, тем не менее, процесс расчета остается все-таки довольно длительным.

Последнее, что не учитывается в таких расчетах, это геологические условия основания. Обыкновенно, молчаливо предполагается, что геологические условия основания те же, как и в теле плотины. Правда, вы можете учесть другую величину γ, но опять-таки вы не знаете величины *c* и прочих физических особенностей грунта основания, которые необходимы. Поэтому вопрос экспериментальной поверки и экспериментальных методов в данных условиях является очень важным. Если председатель в дальнейшем разрешит мне уделить этому вопросу минут 10, то я бы поделился моими соображениями относительно новых методов, которые находят себе применение в виде испытаний на центрифугах.

Инж. Чугаев. В связи с докладом инж. Тихова, я, со своей стороны, хотел бы обратить внимание присутствующих на один тип дренажа, который мне представляется также рациональным, как и дренаж, предложенный инж. Тиховым.

Этот тип дренажа, предложенный мною весною 1933 г., имеет вид, показанный на фиг. 1 и фиг. 2.

Обычно устраиваемый тип дренажа предусматривает наряду с ним устройство обратного фильтра. Как известно обратные фильтры являются недолговечной конструкцией, так как они в скором времени

засоряются и перестают действовать, что мы ясно усматриваем из практики водоснабжения, именно из практики устройства водосборных колодцев. Имея в виду избавиться от применения обратного фильтра, нами и предусмотрен дренаж, как то показано на чертежах. Идея предлагаемой конструкции заключается в том, что фильтрационная вода выпускается в область дренажа в направлении, обратном действию силы тяжести.

На фиг. 1 представлена конструкция дренажа для случая земляной плотины, расположенной на скалистом основании, причем выполняется она в виде крупнозернистой наброски, с двумя водонепроницаемыми стенками.

Фиг. 1.

Фиг. 2 предусматривает случай плотины на проницаемом основании. Здесь все очень удобно конструктивно оформляется. Устраивается шпунтовая стенка и тонкий слой каменной наброски. Фильтрация осуществляется, как показано стрелками на рисунках. Как видно, применяя такой тип дренажа, мы ставим земляные плотины в условия работы, аналогичные работе напорных гидротехнических сооружений.

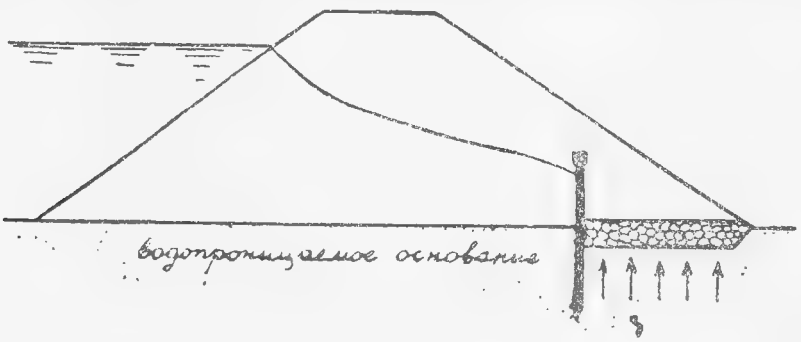
В заключение укажу, что поясненный тип дренажа может быть легко подвергнут расчету, если применить в комбинированном виде теорию движения воды под гидротехническими сооружениями, данную акад. Н. Н. Павловским, и гидравлический метод расчета земляных плотин, предложенный тем же автором.

Проф. Гришин. В своем первом выступлении я отмечал, что существующие методы расчета устойчивости земляных сооружений базируются, в сущности говоря, на весьма приблизительных, грубых предпосылках о том, что поверхность обрушения круговая, что силы сцепления постоянные и т. д. И дальше я указал, что без проведения экспериментов, которые бы позволили установить характер поверхности обрушения, проверить существующие методы, в сущности говоря, несмотря на различные уточнения и нововведения, ускоряющие процесс, эти расчеты мало что дадут.

Проводить экспериментальные исследования в области устойчивости грунтов в лабораторных условиях чрезвычайно трудно, потому что невозможно добиться величин сил, которые разрушили бы грунт, ибо разрушение происходит при весьма больших высотах плотин и нагрузках, недоступных для моделей. Эксперимент в полевой обстановке, конечно, также является невозможным, так как он был бы

дорог, громоздок и медленно проходил бы. Поэтому появилась мысль о том, чтобы при экспериментировании заменять силы тяжести, действующие на сооружение, другими аналогичными силами, но которые могли бы быть осуществлены в лаборатории, и любой интенсивности. Эта мысль была подана проф. Г. И. Покровским, и по его мысли и при его руководстве была построена в Гидротехгеоинституте (Москва) специальная центробежная машина для проведения подобных экспериментов.

Принцип этой машины таков: вокруг некоторой оси насажена штанга, к которой прикреплена каретка. В эту каретку закладывается модель сооружения, и затем вся система приводится во вращательное



Фиг. 2.

движение. При этом грунт, находящийся в модели, находится под действием двух сил, силы тяжести, направленной вниз, и центробежной силы, направленной по радиусу. Таким образом, грунт будет находиться под действием равнодействующей этих сил.

При известном числе оборотов вращения мы получаем, что составляющая сила тяжести становится очень малой по сравнению с центробежной силой и первой можно пренебречь, считая основной действующей силой — силу центробежную. Так как эта сила пропорциональна массе, затем скорости вращения и радиусу, то очевидно, увеличивая скорость вращения и радиус, можно получить любые условия объемной нагрузки в грунте. При этом происходит, однако, некоторое искажение явлений в модели по сравнению с натурой. Так как модель имеет все-таки некоторые конечные размеры, то, очевидно, что различные точки модели будут двигаться с разными скоростями в зависимости от радиуса. Поэтому усилия, действующие в разных частях модели, будут возрастать при моделировании не в одинаковой степени, следовательно, в модельной плотине низовые части будут подвергаться относительно большему, а верховые меньшему усилию по сравнению с натурой. Это создаст искажение, так же, как и то обстоятельство, что направления центробежных сил не параллельны между собой. Для того, чтобы преодолеть это искажение, можно поступать различно. У нас в Гидротехгеоинституте принято строить цилиндрическую координатную сетку, в которой одна система координат идет по радиусам, а другая по концентрическим окружностям с центром в центре вращения машин. Получающиеся кривые обрушения нано-

сятся на прямоугольную сетку, перестраиваются. Можно было бы сделать и иначе.

Эти искажения, по подсчетам и по опыту, оказываются незначительными, в пределах, примерно, 5%, так что можно было бы, следовательно, в известной мере этими искажениями пренебрегать. Во всяком случае путем построения соответствующей сетки можно исправлять эти искажения.

Другого порядка искажения были следующие. Боялись, что, благодаря значительной скорости вращения прибора и развитию значительной кинетической энергии, земляной откос модели может обрушиться дополнительно. Произведенные подсчеты показали, что силы, которые здесь появляются, будут незначительны, а обследование разрушений во времени, которое было поставлено недавно, показало, что никаких дополнительных разрушений после начальных, вообще говоря, не происходит. Обследование разрушений во времени производилось с помощью киноустановки. На той же каретке, на некоторой высоте над нею был поставлен киноаппарат, который производил автоматические снимки через каждую секунду. Таким образом, можно было уловить весь процесс разрушения плотины во времени. Эти снимки у меня есть, и я могу их демонстрировать.

Таким образом, в сущности говоря, все практического порядка затруднения в этом методе были преодолены, и с помощью его уже был проведен ряд работ, которые подтверждают полную возможность моделирования и полную возможность изучения на этом приборе вопроса устойчивости земляных сооружений.

Между прочим возникал вопрос, каково будет поведение воды в этих условиях и в частности — вопрос фильтрации; не будет ли здесь, благодаря тому, что мы имеем как бы кажущееся возрастание напоров, а пути остаются те же самые (геометрические размеры плотины не изменяются), чрезмерных скоростей, которые начнут вымывать грунт раньше и при иных соотношениях, чем это может иметь место в натуре.

Дальнейшее рассмотрение показало, что действительно увеличивается напор и гидравлический градиент, но увеличивается и сопротивление частиц, потому что каждая частица в своем весе возрастает так же, как и напор, в n раз. Поэтому фильтрационные силы будут находиться в плотине почти в таком же соотношении, с силами сопротивления частиц, как и в натуре.

Таким образом, все основные моменты моделирования оказались обследованными, и можно считать, что этот метод получает уже возможность практического приложения. Этим методом были, например, обследованы углы внутреннего трения для грунтов мало связанных, где, как известно, угол внутреннего трения будет соответствовать углу естественного откоса, как для сыпучих грунтов. С помощью центробежной машины испытывались мало связанные грунты или насыщенные водой, скажем, суглинистые грунты или пески, для чего они укладывались некоторым откосом, затем при вращении машины они получали тот откос, который является для них устойчивым. Дан-

ные опытов совпали с данными обычных методов измерения угла трения. Таким образом, это подтвердило полную возможность использовать машину для таких испытаний.

Затем было произведено еще исследование условий устойчивости плотины на слабом основании, причем оказалось, что безусловно устойчивым будет такой откос плотины на слабом основании, который является не круче угла трения самого основания.[1]

Таким образом, можно считать, что в этом приборе мы имеем уже метод для изучения вопросов неупругих деформаций грунтов, которого у нас до сих пор не было.

Что же можно с этой машиной делать? Во-первых, можно определять углы трения достаточно точно и достаточно правильно. Затем можно изучать формы обрушения земляных откосов. Это то самое, чего нам недостает для того, чтобы теорию Терцаги и все другие методы по определению устойчивости земляных масс поставить на более прочное основание. Затем, можно также исследовать вопрос работы основания не только земляных плотин, но и любых сооружений, потому что процессы, здесь происходящие, совершенно аналогичны.

Можно поставить бетонную плотину на любом основании и испытать ее устойчивость под влиянием, например, напора воды или только собственного веса. Затем, также можно проводить целый ряд исследований практического характера, а именно — моделировать запроектированные сооружения и испытывать их на устойчивость. Значит, можно определять устойчивую форму откоса для любого сооружения (как это сделано, например, для деривационного канала Самарской гидростанции), можно определять устойчивость основания для любого сооружения, причем вполне возможно воспроизводить различные геологические условия, закладывая в основание соответствующие образцы пород в ненарушенной структуре.

Возможность определения явлений разрушения в условиях ненарушенной структуры и, может быть, даже с поддержанием соответствующей влажности является очень ценным свойством этого метода, который обещает, следовательно, самое широкое применение его на практике.

Заканчивая мое краткое сообщение, мне хотелось бы обратить внимание нашей секции на этот метод, как метод новый, указывающий известные пути в области экспериментирования, а, следовательно, и дальнейшей разработки теории сыпучих и связанных грунтов, которая, в частности, для проблемы Большой Волги будет иметь крупнейшее значение.

Председатель. Заключительное слово по докладу имеет инж. Чугаев.[2]

Р. Р. Чугаев (*заключительное слово*). В заключительном слове я прежде всего остановлюсь на одном замечании, сделанном проф.

[1] Статья на эту тему напечатана.

[2] Второй докладчик от заключительного слова отказался.

Гришиным. Проф. Гришин указал, что существенную роль при расчете должна играть переменность силы сцепления и неоднородность грунта тела плотины и ее основания. При этом проф. Гришин считает, что в моем докладе эти факторы не учтены, а потому данный способ является крайне приближенным. Имея это в виду, я подчеркну еще раз, что в моих выводах, как видно, например, из фиг. 2, указанные факторы учтены, причем даются соответствующие формулы, позволяющие вводить в расчет различные значения c и f. Таким образом вывод, сделанный проф. Гришиным, не имеет основания. Что́ касается того, что для различных значений c мы, согласно методу Петтерсона, принимаем линию обрушения одинаковой кривизны, то здесь, разумеется, мы делаем некоторое допущение. Однако, имея в виду, что «идеальная» кривая обрушения должна лежать вблизи окружности, имеющей мининальное значение β, такое допущение надо считать приемлемым.

Вообще говоря, я вполне согласен с проф. Гришиным в том отношении, что данный метод расчета является приближенным. Однако необходимо иметь в виду, что этот метод все же является не менее точным, чем широко применяющиеся в практике методы расчета подпорных стен.

Остановливаясь еще на выступлении проф. Гришина, отмечу, что в моем докладе предлагается не только техническое улучшение способа Терцаги, но также дается рассмотрение ряда впервые поставленных вопросов, касающихся устойчивости земляных плотин (учет колебания гор, воды и пр.).

Переходя к дальнейшим перспективам данной работы, ограничусь здесь указанием на следующий ряд вопросов, которые желательно было бы проработать:

1) отыскание уравнения, позволяющего непосредственно определять наиболее опасную дугу обрушения;

2) учет фильтрационных сил в связи с рассмотрением устойчивости низового клина плотины и колебании горизонта воды и

3) расчет устойчивости глиняного экрана и мостовых креплений откоса с учетом колебания горизонта воды в водохранилище.

В заключение, касаясь заслушанного метода центрифугирования, который впервые в СССР был предложен одновременно Н. Н. Давиденковым и Г. И. Покровским, укажу, что этот метод безусловно заслуживает внимания, хотя он и не лишен некоторых недостатков, напр.: при центрифугировании явно искажается явление размыва (т. е. явление выноса отдельных песчинок грунта); кроме того данным методом пока вовсе неучитывается наиболее опасный момент устойчивости земляных масс, именно момент производства работ.

Необходимо подчеркнуть, что экспериментальный метод центрифугирования нельзя, как это делает проф. Гришин, противопоставлять теоретическому методу. Ясно, что экспериментальные и теоретические методы в данном случае не могут исключать друг друга, а должны существовать и развиваться параллельно, как то мы имеем в целом ряде областей техники.

Председатель. Земляные плотины понадобятся не только для устройства водохранилищ, служащих для регулирования расходов р. Волги, но и в различных гидротехнических узлах на Волге, и поэтому при проектировании таких ответственных сооружений необходимо подойти к ним с некоторым расчетом. Между тем до самого последнего времени, как известно, гидротехники смотрели на земляные плотины скорее как на предмет строительного искусства, чем и объясняется, что в этой области мы пока еще имеем только весьма примитивные расчетные способы.

О расчете устойчивости откосов мы заслушали доклад инж. Чугаева, который пользуется при этом принципами строительной механики, которые вообще известны в области расчета подпорных стенок. Этот доклад имеет известную ценность именно в том смысле, что распространяет эти принципы на специальный случай земляных плотин. Кроме того, этот доклад заключает в себе и изложение технических приемов по ускорению самих расчетов.

Несмотря на это, мы еще далеки от того, чтобы уметь более или менее серьезно рассчитывать устойчивость земляного тела плотины, а потому тем более необходима элементарная проверка различного рода профилей земляных плотин; в частности, весьма желательно применение центрифуги.

С расчетами земляных плотин тесно связан вопрос о дренаже их. Дренаж в этой области за последнее время завоевал общее признание, но недостатками этого метода является некоторая неуверенность в работе дренажа (засорение). В связи с этим есть разные предложения, из которых предложение инж. Тихова весьма интересно тем, что позволяет производить контроль, осмотр и замену дренажа в земляных плотинах. Раз это так, то предложение это заслуживает большого внимания, так как в значительной мере устраняет возражения против дренажа в земляных плотинах.

Изложенный в докладе инж. Тихова гидравлический расчет не является вполне убедительным, поскольку он почему-то связывается с нормами Блая, что не является правильным. Но это существа вопроса не меняет. Можно к предложению докладчика дать более правильный гидравлический расчет, и поэтому больше на этом вопросе нет надобности здесь останавливаться.

Предложение инж. Чугаева о дренаже земляных плотин имеет как преимущества, так и недостатки. Преимущества — простота и дешевизна, но вопрос о ремонте и об осмотре дренажа обстоит неясно. Правда, автор высказывает мысль, что тут не приходится бояться засорения конструкции, но это нуждается в проверке путем, по крайней мере, небольшого опытного строительства.

Итак, мы уже подходим к тому, чтобы создать такой дренаж земляных плотин, на работу которого можно было бы положиться.

Позвольте предложить вашему вниманию те положения, которые я сейчас наметил. Есть какие нибудь дополнения?

(Заключительное слово Председателя принимается как мнение Секции по докладам инж. Чугаева и Тихова).

Председатель. Позвольте на этом покончить с начатыми вчера докладами. У нас сегодня на повестке дня стоят четыре доклада: 1) А. И. Шварца «Водослив с широким порогом»; 2) П. М. Бобина «Новый способ гидравлического расчета при постройке плотин на реках»; 3) В. И. Аравина «Некоторые специальные случаи гидравлического расчета быстротоков на ирригационных системах»; 4) Б. В. Полякова «Исследование коэффициента шероховатости русел и пойм равнинных рек».

Позвольте приступить к заслушанию доклада инж. Шварца на тему «Водослив с широким порогом».

А. И. ШВАРЦ

ВОДОСЛИВ С ШИРОКИМ ПОРОГОМ

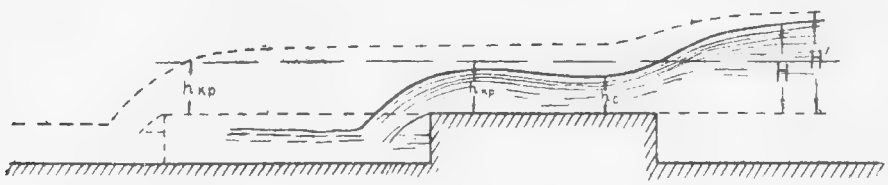
§ 1. Введение. Вопрос о движении потока через водослив с широким порогом занимает особое место в современной гидравлике водосливов. С одной стороны, видимая возможность трактовать это движение, как медленно изменяющееся, и открывающаяся при этом возможность сравнительно простого использования основных зависимостей гидравлики, позволила уже давно различным авторам предложить целый ряд теоретических решений вопроса. С другой стороны, в отношении экспериментального изучения явления и опытной проверки полученных решений (неизбежно покоящихся на дополнительных упрощениях и предположениях), сделано весьма мало, и накопленный опытный материал, свидетельствуя о недостаточности или неполноте имеющихся теоретических решений, не дает возможности внести в них соответствующие коррективы.

В результате мы вынуждены констатировать, что в рассчетном отношении вопрос о движении потока через водослив с широким порогом разработан значительно слабее многих иных вопросов гидравлики водосливов, даже таких, для которых и вовсе отсутствуют теоретические решения. Настоящая работа имеет своей основной задачей, хотя бы в некоторой степени, восполнить указанный пробел. Однако полученные решения представляются нам не лишенными интереса и в теоретическом отношении.

§ 2. Незатопленный и затопленный водослив с широким порогом. Основной недостаток существующих теоретических решений мы видим в том, что ими игнорируется вопрос взаимной связи условий поступления потока на водослив и условий движения потока на самой длине водослива. Такая независимость этих условий могла бы иметь место только при условии «бурного» движения потока на длине водослива, как это показано на фиг. 1. Однако легко видеть, что и в этом случае, даже при сохранении постоянными всех прочих условий, но достаточном увеличении длины водослива (как это показано на фиг. 1 пунктиром), поток из «бурного» перейдет в «спокойный», глубина потока в начале водослива возрастет, и для пропуска того же расхода Q потребуется боль-

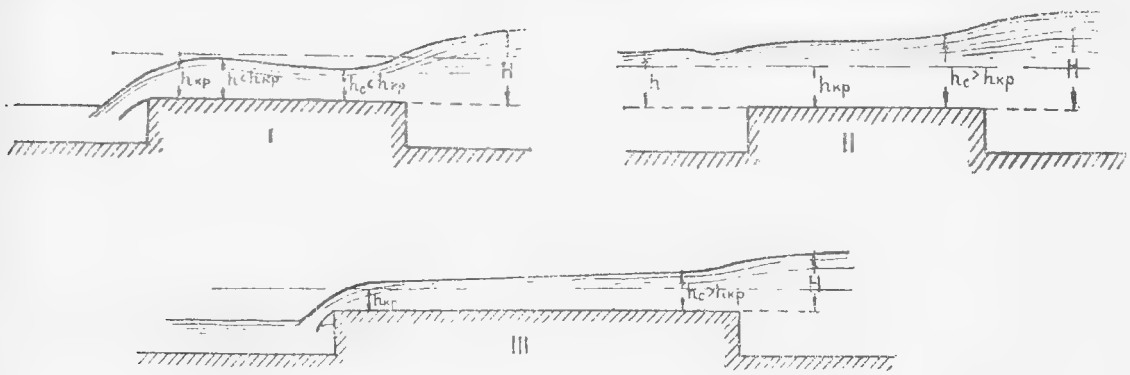
ший напор. Результаты многочисленных опытов, как поставленных нами, так и заимствованных из работ иных авторов,[1] целиком подтвердили это, достаточно впрочем ясное само по себе положение.

В соответствии с этим нам казалось бы правильным изменить и самое понятие о незатопленном и затопленном водосливе с широким порогом.



Фиг. 1.

В нижеследующем изложении мы будем понимать под н е з а т о п л е н н ы м водосливом такой, в коем условия протекания потока на длине водослива н е в л и я ю т на условия входа на водослив.



Фиг. 2.

Наоборот, з а т о п л е н н ы м водосливом с широким порогом мы будем называть такой водослив этого типа, в коем условия поступления потока на водослив н а х о д я т с я в з а в и с и м о с т и от условий движения потока по водосливу. Затопление водослива имеет место при переходе потока на длине водослива от «бурного» к «спокойному". Переход этот может быть вызван: как достаточным повышением уровня нижнего бьефа над порогом водослива, так и одним лишь достаточным удлинением порога, при положении горизонта воды в нижнем бьефе более низком, нежели ребро водослива.

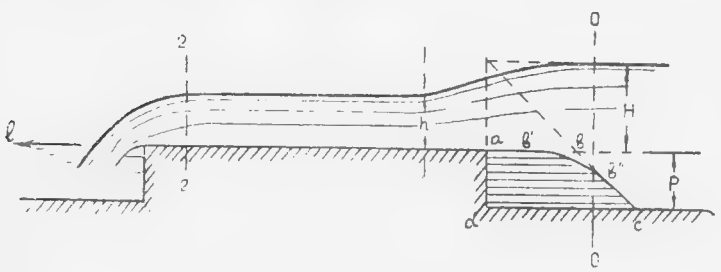
Схема незатопленного и затопленного водосливов с широким порогом показаны на фиг. 2 (I, II и III).

§ 3. У р а в н е н и е д в и ж е н и я п о т о к а н а в х о д н о м у ч а с т к е в о д о с л и в а с ш и р о к и м п о р о г о м. Из изложенного сле-

[1] Напр. работа Woodborn'a, опубликованная в «Proceedings American Society of Civil Engineers», Sept. 1930.

дует, что решение задачи о движении потока через водослив с широким порогом возможно, вообще говоря, лишь путем совместного решения уравнения движения потока на входном участке (фиг. 3), от сечения 0—0, в коем измеряется напор, до сечения 1—1, в коем можно принять восстановившимся медленно-изменяющееся движение и на длине водослива, между сечениями 1—1 и 2—2 (участок этот именуется нами ниже «промежуточным бьефом»). К составлению первого из этих уравнений мы и переходим.

Для достижения поставленной цели воспользуемся законом проекций количества движения,[1] применив его к отсеку жидкости, заключенному между сечениями 0—0 и 1—1 (фиг. 3), при направлении оси проекций l, показанном на чертеже. Опуская здесь по простоте подробности составления всего уравнения, остановимся лишь на выражении горизонтальной составляющей реакции со стороны порога, исчисление коей представляет наибольшие трудности. Величина эта исчислялась следующим образом.



Фиг. 3.

Вследствие образования перед порогом «застойной» области, закон распределения давлений со стороны жидкости на пороге будет приближаться к гидростатическому. Очевидно, что наибольшая величина суммарного давления жидкости на порог, соответствующая полному устранению скольжения частиц жидкости по его поверхности, может быть выражена[2] площадью эпюры давления $abcd$ (фиг. 3), умноженной на ширину порога b и на объемный вес жидкости Δ, т. е. величиною (обозначения по фиг. 3)

$$P_{\max} = \Delta b \frac{H + (H + p)}{2} p = \Delta b \frac{2H + p}{2} p. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

В действительности, вследствие наличия такого скольжения частиц жидкости, в особенности при скруглении входного ребра, величина полного горизонтального давления жидкости на порог будет выражаться меньшей площадью, напр. площадью $ab'b''cd$ (заштрихованной на фиг. 3). Если обозначить отношение площадей

$$\frac{ab'b''cd}{abcd} = \beta, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

[1] Этот путь был указан акад. Н. Н. Павловским как один из возможных путей решения задачи.

[2] Рассуждения ведутся для случая прямоугольного поперечного сечения русла.

то горизонтальная составляющая давления жидкости на порог может быть выражена как

$$P = \beta P_{\max}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

а равная и противоположная ей величина горизонтальной составляющей реакции со стороны порога как

$$R = P_{\max} = -\beta b \frac{2H + p}{2} p. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Исчисленная по (4) величина R и введена нами в уравнение проекций количества движения, которое принимает тогда вид

$$\frac{\alpha q^2}{g}\left(\frac{1}{h} - \frac{1}{H + p}\right) = \frac{H^2}{2} - \frac{h^2}{2} + (1 - \beta)\frac{2H + p}{2} p. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Уравнение (5) представляет собой уравнение движения на входном участке.

§ 4. О значениях величины β. Исследование показывает, что величина β, входящая в уравнение (5), не может принимать произвольных значений, но предел изменения ее ограничен.

Для доказательства этого составляем уравнение Бернулли для тех же сечений 0—0 и 1—1 (фиг. 3), принимая за плоскость сравнения плоскость, совпадающую с поверхностью порога. Сравнивая полученное таким путем уравнение с уравнением (5), мы получаем возможность определить величину потерь энергии обусловленную «внутренним» трением жидкости на входном участке. [1] Потери эти определяются уравнением

$$h_j = \frac{\alpha (v_2 - v_1)^2}{2g} - \frac{(h - H)^2}{2h} - (1 - \beta)\frac{2H + p}{2h} p, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

из коего, между прочим, следует, что они во всяком случае будут меньшими, чем при исчислении их «по Борда». [2]

Уравнение (6) может быть далее преобразовано к виду

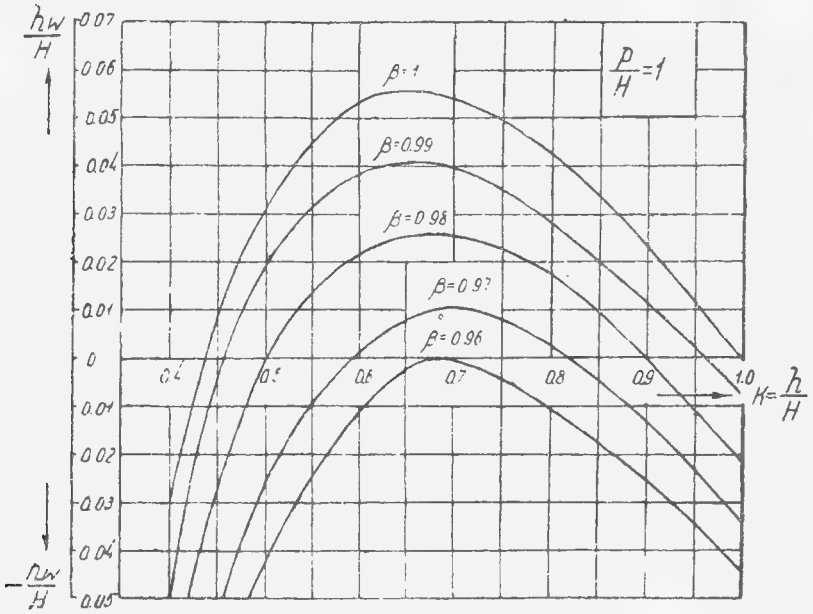
$$h_j = \frac{k^3 - 3(1 + A)k^2 + [3 + 2A(1 + \beta) - A^2(1 - \beta)]k}{4(1 + A)k} - \frac{[(1 + A) + (1 - \beta)(2A + 3A^2 + A^3)]H}{4(1 + A)k}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

где обозначено: $k = \frac{h}{H}$ и $A = \frac{p}{H}$.

[1] См. проф. А. А. Саткевич. Аэромеханика, как теоретическая основа авиации, стр. 66—69.

[2] Такой способ определения потерь «на вход» при истечении через водослив с широким порогом или отверстия малых труб можно нередко еще встретить.

Для установления пределов изменения величины β построим графики изменения величины отношения $\frac{h_J}{H} = f(A, k, \beta)$. Такого рода график показан, например, на фиг. 4 для значения $A = \frac{p}{H} = 1$. Из этого графика видно, что лишь для части возможных значений k (лежащим, очевидно, в пределах от $k = 0$ до $k = 1$) величины $\frac{h_j}{H}$ оказываются возможными, т. е. большими нуля. При этом с уменьшением β (а β, вообще говоря, должно быть меньшим единицы), область



Фиг. 4.

возможных значений k сужается и, наконец, при некотором значении β, для всех возможных значений k, величина $\frac{h_J}{H}$ оказывается отрицательной. Очевидно, в таком случае, что минимальным возможным значением $\beta = \beta_{\text{пред.}}$ оказывается такое значение этой величины, при котором кривая $\frac{h_j}{H} = f(A, k, \beta)$ при данном A касается оси абсцисс. В связи с этим для определения величины $\beta_{\text{пред.}}$ поступаем следующим образом.

Для определения точек пересечения кривой $\frac{h_j}{H} = f(A, k, \beta)$ с осью абсцисс, приравнивая (7) нулю, получаем

$$k^3 - 3(1 + A)k^2 + [3 + 2A(1 + \beta) - A^2(1 - \beta)]k - [(1 + A) + (1 - \beta)(2A + 3A^2 + A^3)] = 0 \quad (8)$$

или, после преобразования к обычному виду кубического уравнения,

$$k_1^3 - A[(1+A)(4-\beta)-\beta]k_1 + 2A(1+A)[(1+A)(2-\beta)-\beta] = 0. \quad (9)$$

Корни кубического уравнения (9) дают абсциссы пересечения кривых $\frac{h_j}{H} = f(A, k, \beta)$ с осью абсцисс. Однако из теории кубического уравнения известно, что последнее будет иметь два кратных корня (соответствующих точке касания кривой $\frac{h_j}{H} = f(A, k, \beta)$ с осью абсцисс) в том случае, если соблюдено равенство

$$\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27} = 0, \quad (10)$$

где q свободный член уравнения, а p — коэффициент при неизвестном в первой степени.

Пользуясь этим характеристическим равенством, находим, что кривая $\frac{hj}{H} = f(A, k, \beta)$ будет касаться оси абсцисс, при соблюдении условия

$$27(1+A)^2[(1+A)(2-\beta)-\beta]^2 = A[(1+A)(4-\beta)-\beta]^3. \quad (11)$$

Уравнение (11) дает возможность, таким образом, определить предельные (минимальные) значения $\beta = \beta_{\text{пред.}}$ для различных значений $A = \frac{p}{H}$. Значения $\beta_{\text{пред.}}$ приведены в таблице 1.

Таблица 1

$A = \frac{P}{H}$	$\beta_{\text{пред}}$
0.10	0.949
0.25	0.945
0.50	0.949
1.00	0.962
1.50	0.972
2.00	0.978

Приведенные в таблице 1 значения $\beta_{\text{пред.}}$ соответствуют, как уже указывалось выше, случаю предельной обтекаемости входа такой, при которой потери энергии равнялись бы нулю. В действительности же значения β будут выше значения $\beta_{\text{пред.}}$. По данным наших, к сожалению, пока еще недостаточных опытов мы считали бы возможным принимать в расчетах:

для прямоугольного очертания входного ребра

$$\beta = \beta_{\text{пред.}} + \frac{2}{3}(1 - \beta)_{\text{пред.}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

для плавного очертания входного ребра

$$\beta = \beta_{\text{пред.}} + \frac{1}{4}(1 - \beta_{\text{пред.}}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Заметим также, что для приблизительных подсчетов, в случае прямоугольного очертания входного ребра, можно принимать

$$\beta \simeq 1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

§ 5. Коэффициент расхода незатопленного водослива с широким порогом. Коэффициент расхода незатопленного водослива с широким порогом, в соответствии со сказанным в § 2, не зависит от условий движения потока в «промежуточном бьефе» и может быть, следовательно, непосредственно получен из уравнения (5).

Определяя с этой целью из (5) величину удельного расхода q, находим

$$q = \sqrt{\frac{(H^2 - h^2)\,h\,(H + p)}{4\alpha\,(H + p - h)} + (1 - \beta)\frac{p h\,(2H + p)\,(H + p)}{4\alpha\,(H + p - h)}} \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

Формула (15) легко может быть преобразована к виду

$$q = \sqrt{\frac{k\,(1 - k^2)\,(1 + A)}{4\alpha\,(1 + A + k)} + (1 - \beta)\frac{A\,(1 + A)\,(2 + A)\,k}{(1 + A - k)}}\,\sqrt{2g}\,H^{3/2} \quad . \quad (16)$$

откуда путем сравнения (16) с общим видом формулы водослива

$$q = mb\,\sqrt{2g}\,H^{3/2} \quad (17)$$

видим, что

$$m = \sqrt{\frac{1}{4\alpha}\left[\frac{k\,(1 - k^2)\,(1 + A)}{1 + A - k} + (1 - \beta)\frac{A\,(1 + A)\,(2 + A)\,k}{1 + A - k}\right]} \quad . \quad . \quad (18)$$

Для частного случая $\beta = 1$, формула (18) принимает более простой вид

$$m = \sqrt{\frac{1}{4\alpha}\,\frac{k\,(1 - k^2)\,(1 + A)}{1 + A - k}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

Напоминаем, что входящая в уравнение (18) величина β есть также функция $A = \frac{p}{H}$.

Для возможности подсчетов по формулам (18) и (19) необходимо знать величину $k = \frac{h}{H}$, соответствующую случаю незатопленного водослива.

Для определения этой величины были в свое время предложены общеизвестные принципы максимума расхода и минимума удельной энергии.[1] Однако применение этих принципов приводит к невозможному заключению, что в сечении 1—1, т. е. в начале водослива (фиг. 3), должна установиться критическая глубина, вследствие чего принятие этих принципов привело бы нас к отрицанию возможности существования незатопленных водосливов с широким порогом. Между тем опыты как наши,[2] так и иных авторов,[3] показывают, что в ряде случаев кривые свободной поверхности потока на водосливе представляют собой кривые подпора, существование коих (при наличии допущения медленной изменяемости движения потока на длине промежуточного бьефа) возможно лишь при условии «бурного» характера потока на водосливе. Непосредственные измерения действительно указывают, что в этих случаях глубины потока на водосливе, как во входном сечении, так и на длине «промежуточного» бьефа, оказываются меньшими критической. Не имея намерения ревизовать основное положение о медленной изменяемости движения (что сделало бы задачу в настоящее время неразрешимой), мы для определения величины k воспользовались нашим предположением [4] о том, что значение k для случая незатопленного водослива соответствует тому, при котором достигает максимума отношение $\frac{h_j}{H}$. Применение этого принципа дает для определения k следующее уравнение:

$$k^3 - [3 + 2A(1 + \beta) - A^2(1 - \beta)]k + 2[(1 + A) + (1 - \beta)(2A + 3A^2 + A^3)] = 0, \tag{20}$$

решение коего дает для всех значений $\beta < \beta_{\text{пред}}$ величину $h < h_{\text{пред}}$. При $\beta = \beta_{\text{пред}}$ (случай движения без потерь) применение предложенного принципа дает результаты, совпадающие с применением принципов максимума расхода и минимума удельной энергии. Заметим также, что значения k, определяемые по (20), сравнительно хорошо совпадают с величинами k, непосредственно измеряемыми в опытах.

Имея, таким образом, значения $k = f_1(A, \beta)$, определяемые по (20), и значения $\beta = f_2(A)$, определяемые по (12) или (13), можем, очевидно, вычислить и значения $m = \varphi(A)$ по (18). В таблице 2 приведены результаты таких вычислений

Следует особо подчеркнуть, что приведенные значения m относятся: 1) к незатопленному водосливу [5] и 2) что эти значения m

[1] Последний, впрочем, имеет смысл прилагать лишь для сечения в конце «промежуточного бьефа».

[2] См. нашу статью «О движении потока через водослив с широким порогом», опубликованную в «Известиях Научно-исследовательского института гидротехники», вып. I,

[3] См., напр., уже указанную выше работу Woodborn'a.

[4] См. указанную выше работу.

[5] В том понимании этого термина, которое было выше указано.

Таблица 2

A	m		
	$\beta = 1$	β по (12)	β по (13)
0.25	0.430	0.437	0.443
0.50	0.387	0.399	0.412
1.00	0.353	0.362	0.382
2.00	0.327	0.344	0.367
3.00	0.317	0.337	0.365

включают в себя учет скорости подхода (как это видно, между прочим, из формулы 17).

Последнее обстоятельство объясняет преувеличенные на первый взгляд значения m, приведенные в таблице 2. Для того, чтобы это стало совершенно ясным, укажем, что для предельного значения $\beta_{\text{пред}}$ величины m, вычисленные по приведенным формулам, но освобожденные от влияния скорости подхода, дают для всех значений A, величину $m = 0.385 = \text{const}$. Таким образом, величины m, приведенные в таблице 2, после такой же операции оказались бы значительно сниженными.

Отметим в заключение, что учет скорости подхода в коэффициенте расхода представляет собой значительное преимущество предлагаемых формул, избавляя проектировщиков от обычных, утомительных пересчетов. В особенности это имеет значение для водосливов с широким порогом, для коих сравнительно небольшая обычно глубина верхнего бьефа, делает скорость подхода заметною величиною.

§ 6. Предельная длина незатопленного водослива с широким порогом. В соответствии со сказанным в § 2 мы должны признать, что предельная длина водослива с широким порогом, при которой он еще работает как незатопленный, есть та длина, при коей глубина потока, увеличиваясь на пути от сечения входа, достигает в конце «промежуточного бьефа» критической глубины. Сказанное иллюстрируется фиг. 5.

Для определения этой длины водослива вычислим прежде всего предельную длину «промежуточного бьефа». Ограничиваясь рассмотрением случая, когда водослив будет представлять собой широкое прямоугольное русло, длину эту можем определить из уравнения неравномерного движения, имеющего в соответствующем случае [1] вид

$$L_0 = \frac{h_{\text{кр}}}{i_{\text{кр}}}\left(0.75 - \xi + \frac{1}{4}\xi^4\right), \qquad (21)$$

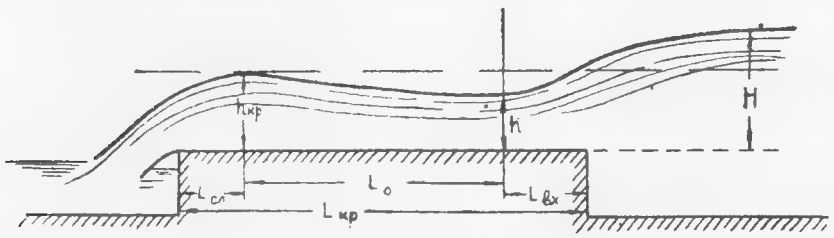
где $\xi = \frac{h_c}{h_{\text{кр}}}$ (фиг. 5).

Для определения величины ξ необходимо иметь в виду, что

$$\xi = \frac{h}{h_{кр}} = \frac{\frac{h}{H}}{\frac{h_{кр}}{H}} = \frac{k}{k_{кр}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

Для вычисления величины k можно воспользоваться тогда уравнением (20). Для определения же $k_{кр}$, подставляя в (5) $h = h_{кр}$ и имея в виду, что $\frac{aq^2}{g} = h_{кред}$, получаем после преобразований

$$2k_{кр}^{\ 3} - 3(1 + A)\, k_{кр}^{\ 2} + (1 + A)[1 + (1 - \beta) A (2 + A)] = 0 \quad (23)$$



Фиг. 5.

Более удобным представляется, однако, вычислять относительную предельную длину, понимая под последней отношение $\frac{L_0}{H}$. Деля обе части (21) на H и имея в виду, что для случая широкого прямоугольного русла

$$i_{кр} = \frac{g}{\alpha C^2_{кр}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

получаем

$$\frac{L_0}{H} = k_{кр} \frac{\alpha C^2}{g} \left(0.75 - \xi + \frac{1}{4}\xi^4\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

Деля и умножая все члены первой части уравнения (25) на 4 и вводя обозначение

$$\frac{4g}{\alpha C^2} = \lambda, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

получаем для определения искомого соотношения следующее уравнение:

$$\frac{L_0}{H} = \frac{k_p}{\lambda} \left(3 - 4\xi + \xi^4\right), \quad \ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

где $k_{кр} = \Phi(A, \beta)$ определяется по уравнению (23). Вычисленные таким образом значения $\frac{L_0}{H}$ приведены в таблице 3, составленной для различных A и для значений $C_{кр} = 40$ и $C_{кр} = 20$.

Таблица 3

A	$\frac{Z_0}{H}$						$\beta=\beta_{кр}$
	$\beta=1$		β по (12)		β по (13)		
	$C_{кр}=40$	$C_{кр}=20$	$C_{кр}=40$	$C_{кр}=20$	$C_{кр}=40$	$C_{кр}=20$	
0.25	0.22	0.05	0.09	0.02	0	0	0
0.50	0.40	0.10	0.20	0.05	0.03	0	0
1.00	0.92	0.23	0.38	0.09	0.05	0.01	0
2.00	1.29	0.32	0.68	0.17	0.07	0.02	0
3.00	1.19	0.40	0.85	0.21	0.17	0.04	0

Из таблицы видно, что с уменьшением A и β (при заданном $C_{кр}$) резко уменьшается предельная длина «промежуточного бьефа», при которой водослив может работать как незатопленный.

Обстоятельство это находится в полном соответствии со свидетельством опытов, которые показывают, что кривые подпора возникают практически лишь для больших значений A и для неплавных очертаний входного ребра (большое β). Для случая $\beta=\beta_{пред}$, $k=k_{кр}$ и $\frac{L_0}{H}=0$, т. е. водослив получается всегда затопленным.

Значения L_0, определяемые по (27), не представляют собой, однако, полной длины незатопленного водослива с широким порогом, для вычисления которой необходимо еще знать длины $L_{вх}$ и $L_{сл}$ (фиг. 5). Длины этих участков могут быть определены только опытным путем. По данным наших (недостаточно полных) опытов можно заключить: 1) что длины $L_{вх}$ и $L_{сл}$ почти не зависят от шероховатости водослива, 2) что длина $L_{вх}$ заметно зависит от величины отношения $A=\frac{P}{H}$ и очертания входного ребра и 3) что величина $L_{сл}$ мало зависит от величины A. Однако более точных зависимостей нам получить пока не удалось, и лишь как первое приближение мы полагали бы возможным положить

$$L_{вх}\cong 2.8H \tag{28}$$

и

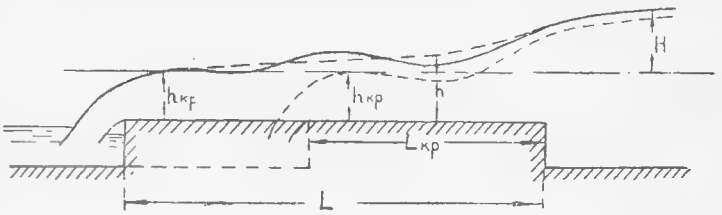
$$L_{сл}\cong 1.8H \tag{29}$$

При этом предельная длина незатопленного водослива с широким порогом определится, очевидно, формулой

$$L_{кр}=\left(4.6+\frac{L_0}{H}\right)H, \tag{30}$$

где величина $\frac{L_0}{H}$ определяется согласно вышесказанного по уравнению (27).

§ 7. Коэффициент расхода затопленного водослива с широким порогом. Установим прежде всего вид формулы для коэффициента расхода затопленного водослива с широким порогом. Опыт показывает, что, особенно в начале затопления поверхность потока на водосливе имеет волнообразный характер.[1] Волнистость эта тем значительнее, чем больше величины A и φ. С возрастанием степени затопления волнистость быстро сглаживается, и кривая свободной поверхности потока все более приближается по виду к кривой спада. Мы полагаем, что отмеченный здесь волнообразный характер потока, обусловлен переходом его от «бурного» к «спокойному» потоку, вообще говоря, совершающегося, как известно, прыжком. Однако, так как возможные значения отношения сопряженных глубин для водослива с широким порогом получаются весьма небольшими (значительно менее двух), прыжка в полном смысле этого слова возникнуть не может, и он проявляется в виде ряда волн.[2] Для дальнейшего мы считали возможным, заменить волнообразную поверхность кривой спада, считая последнюю как бы «осредненной» поверхностью потока, как это показано на фиг. 6.



Фиг. 6.

В таких условиях величина h, входящая в уравнение (5), оказывается уже зависящей от условий движения потока на длине «промежуточного бьефа», и для определения величины расхода пропускаемого водосливом необходимо совместное решение этого уравнения с уравнением неравномерного движения.

Однако такое решение удобнее свести к определению коэффициента расхода в формуле (17). Рассмотрим этот прием отдельно для случаев, когда затопление обусловлено увеличением длины водослива сверх величины $L_{кр}$ и когда оно вызвано достаточным повышением глубины нижнего бьефа.

§ 8. Длинные водосливы. Для водосливов (фиг. 6), длина коих $L > L_{кр}$, а нижний бьеф не влияет на истечение, глубина потока в конце промежуточного бьефа должна быть равна критической.[3]

[1] Вне зависимости от того, вызвано ли затопление увеличением длины водослива сверх величины, или обусловлено ли оно достаточным повышением глубины воды в нижнем бьефе.

[2] См. нашу работу «Новые зависимости в области рассчетов сопряжения бьефов и некоторые их приложения», опубликованную в «Известиях Научно-исследовательского института гидротехники», вып. II.

[3] Впервые обстоятельство это было установлено Буссинеском. Изложение теории Буссинеска можно найти, напр., в статье инж. Вислоцкого «О неудовлетворительности гидравлических формул ...», опубликованной в «Журнале министерства путей сообщения» за 1903 г.

В этом случае уравнение неравномерного движения для простейшего случая широкого, прямоугольного русла может быть написано в виде

$$q^2 = \frac{C_{кр}^2}{4L} h_{кр}^4 (3 - 4\xi + \xi^4), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31)$$

где L — длина участка промежуточного бьефа, принимаемая далее (в запас расчета) равной длине водослива L (фиг. 6).

С другой стороны, по формуле (17)

$$q^2 = m^2 2gH^{3/2}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (32)$$

Приравнивая (31) и (32), получаем

$$m^2 = \frac{C^2}{8gL} \frac{h_{кр}^4}{H^3} [3 - 4\xi + \xi^4] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (33)$$

или, после простейших преобразований и припоминая обозначение (24)

$$m = \sqrt{\frac{\alpha}{2\lambda} \frac{H}{L}} F(k_{кр}, A), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34)$$

где значения $F(h_{кр}, A)$ определяются следующим выражением:

$$F(k_{кр}, A) = k_{кр}^2 (3 - 4\xi + \xi^4). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35)$$

Для определения значения $F(k_{кр}, A)$, необходимо пользоваться уравнением (5),[1] которое может быть переписано после простейших преобразований в виде

$$K_{кр}^3 = \frac{k(1-k^2)(1+A)}{2(1+A-k)} + (1-\beta) \frac{A(1+A)(2+A)k}{2(1+A-k)}. \quad . \quad . \quad (36)$$

Из уравнения (36) для каждого значения $k_{кр}$ и A возможно определить величину k, а следовательно и величину $\xi = \frac{k}{k_{кр}}$ и вычислить, следовательно, значение $F(k_{кр}, A)$. При этом только следует иметь в виду, что значение $\beta_{пред}$, входящее в формулы (12) и (13), будут изменяться вследствие изменения величины k (каждому $\beta_{пред}$ соответствует свое k). Для определения значений $\beta_{пред}$ удобно поэтому воспользоваться уравнением (8), решение которого относительно $\beta = \beta_{пр}$ (так как $h_j = 0$), дает

$$\beta_{пр} = 1 - \frac{(k-1)^3 - A[4k^2 - 3k^3 + 1]}{A^3 + A^2(3+k) + 2A(1+k)}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (37)$$

Пользуясь теперь уравнениями (36), (37) и (12) или (13), можем составить графики значений $F(k_{кр}, A)$ для ряда значений $k_{кр}$ при постоянных A.

При наличии таких графиков[2] решение всех задач по вопросу о движении потока через водослив с широким порогом производится

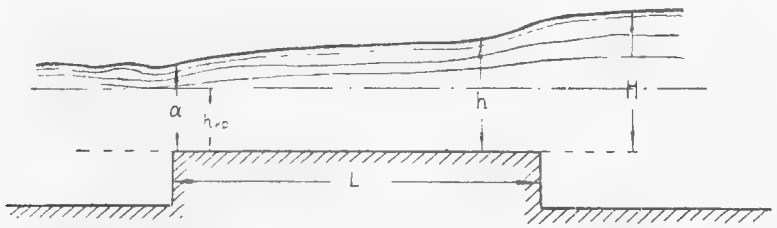
[1] В этом и состоит совместное решение уравнений (5) и (31).

[2] Графики эти нами составлены.

(подбором) по формуле (17), столь же просто, как и при обычном, постоянном значении m.

Задаваясь для этой цели значением H (или q), определяем значение A и $k_{кр}$ и далее, по графику, значение $F(k_{кр})$. Вычисляя далее по (34) значение m, по уравнению (17) вычисляем H (или q). Подбор, очевидно, продолжается до совпадения вычисляемой по уравнению (17) величины H (или q) с заданной.

Необходимость подбора компенсируется возможностью отказаться от пересчетов, необходимых для учета скорости подхода, влияние коей, как уже указывалось выше, учтено в коэффициенте расхода.



Фиг. 7.

§ 9. Водосливы, затопленные достаточным поднятием горизонта нижнего бьефа. Легко показать, что для этих водосливов (фиг. 7) формула для коэффициента расхода сохранит тот же вид, что и для предыдущего случая, т. е.

$$m = \sqrt{\frac{\alpha}{2\lambda}\frac{H}{L}}\,\Phi(k_{кр}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (38)$$

с той лишь разницей, что здесь под обозначением $\Phi(k_{кр})$ надо понимать выражение

$$\Phi(k_{кр}) = k_{кр}^{\,2}\left[(4\xi_0 - \xi_0^{\,4}) - (4\xi - \xi^4)\right], \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (39)$$

где $\xi = \frac{h}{h_{кр}}$ а, $\xi_0 = \frac{a}{h_{кр}}$, причем a есть возвышение горизонта нижнего бьефа над порогом водослива. Очевидно, что пользование зависимостью (38) вместо зависимости (34) становится необходимым в случаях, когда $\xi_0 > 1$. Точное установление этого начального значения ξ_0 не входит в нашу задачу. Можно лишь заметить, что величина эта не постоянна и для более коротких водосливов $(\xi_0)_{нач}$ должно быть, конечно, бо́льшим, чем для длинных. По нашим предварительным соображениям $(\xi_0)_{нач}$ может быть принято равным в среднем $\sim 1{\cdot}1$. Обычно его считают равным единице.

Способ вычисления величины ξ, а вместе с нею и $\Phi(k_{кр})$ остается совершенно таким же, как было изложено в § 8. Поэтому мы вновь на нем не останавливаемся.

В заключение также отметим, что при высоких степенях затопления разница между a и h становится весьма малой, и можно без

ощутительной погрешности принять $a = h$. В этом случае для определения m можно пользоваться непосредственно уравнением (18), имея в виду, что в этом случае $k = \frac{a}{H}$ и что величину β следует определять так, как это было изложено в § 8.

ПРЕНИЯ

Инж. Бобин. В вопросе о водосливе с широким порогом работа А. И. Шварца несомненно представляет значительный шаг вперед по сравнению с тем, что имелось ранее по этому поводу. Однако в докладе есть все-таки некоторые, не совсем выясненные места.

В частности, применяя закон количеств движения к рассмотрению явления водослива на широком пороге, автор вынужден пренебречь силами трения потока о стенки и о самый порог. Правда, он берет небольшой участок потока, где он пренебрегает этими силами трения, но во всяком случае силы трения, не учтенные в составлении импульса действующих сил, остаются все-таки неясными в этом случае. Также остается пока неясным и их значение. Особое значение этот вопрос приобретает, когда мы берем длинный водослив и когда на длинном водосливе имеем движение с малыми глубинами, т. е. с большими скоростями, так как эти большие скорости могут обусловить заметное значение силы трения по дну водослива. Это одно замечание.

Второе замечание такого порядка. Мне казалось бы, что увлекаться выработкой формул для коэффициента расхода, учитывая целый ряд факторов, в особенности длину водослива, — следовало бы в определенных рамках. Если мы берем такое соотношение длины водослива к напору как 20 или около 20, мы, собственно говоря, получаем короткий лоток, как принято называть в гидравлике; движение, медленно изменяющееся на такой большой длине водослива, хорошо учитывается теми уравнениями неравномерного движения, которые мы имеем. Важнее всего здесь сконцентрировать все внимание на входном участке, на что, правда, и докладчик обращает серьезное внимание.

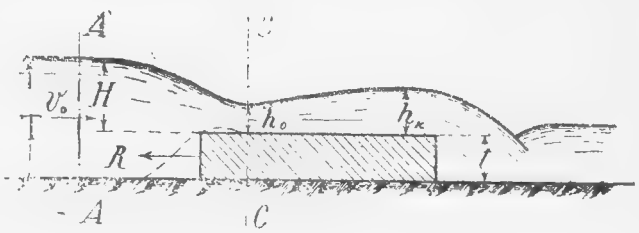
Какую же пользу может дать это ограничение рамок учета влияния длины на коэффициент расхода водослива? Можно ожидать некоторой упрощенности формул и некоторого упрощения сравнительной сложности тех расчетов, которые, как мне кажется, отражены в докладе.

Председатель. Кто еще желает взять слово? Если нет других желающих, то я скажу несколько слов в порядке прений.

Докладчик уже указал, на то, что некоторые предложения по этому вопросу были сделаны также и мною. Я и хочу несколькими словами здесь отметить мои соображения, высказанные еще в 1930 г., когда в б. Научно-мелиорационном институте была поставлена дискуссия по работе инж. А. И. Шварца, который начал заниматься в моей группе этим вопросом. Надо сказать, что этот вопрос им сейчас зна-

чительно развит, так что то, что сделано им тогда, 3 года назад, для него теперь имеет уже лишь вспомогательное значение. Тогде еще, после этой дискуссии, мною была составлена краткая записка, для которой я имел весьма мало времени, почему я, естественно, мог нащупать только некоторые пути решения этого вопроса.

Если представить себе водослив с широким порогом (фиг. 8), то мы имеем непосредственно за ребром какое-то сечение, которое можно назвать условно сжатым сечением, а на низовом ребре имеем глубину, близкую к критической. Если мы напишем, во-первых, уравнение Бернулли от сечения $A—A$ до сечения $C—C$ и, во-вторых, напишем в пределах этих сечений уравнение по закону количества движения, то тогда мы и получим два основных выражения в данном вопросе, причем во второе из них входит реакция R со стороны порога водослива.



Фиг. 8.

Я напишу эти два уравнения в окончательном виде:

$$\eta_c + \left(\frac{m}{\varphi_c}\right) \cdot \frac{1}{\eta_c^2} = 1; \tag{1}$$

$$1 - \beta = \frac{4\,m^2}{\eta_c\,\eta_0\,(\eta_c + \eta_0)}, \tag{2}$$

где (см. фиг. 8) $\eta_c = \frac{h_c}{H_0}$; $\eta_0 = \frac{T}{H_0}$; $H_0 = H + \frac{v_0^2}{2g}$;

m — коэффициент расхода;

φ_c — коэффициент скорости;

$$\beta = \frac{R}{\frac{1}{2}\gamma\,(T^2 - h_c^2)}, \tag{3}$$

причем γ — вес единицы объема воды.

Тут неизвестными являются сжатая глубина h_c и коэффициент β, если считать, что коэффициент расхода и коэффициент скорости известны. Отсюда можно определить необходимые нам элементы. Затем уже, когда эти величины определены, дальнейшее рассмотрение всего вопроса делается более простым.

Мое предложение сводилось к использованию уравнения Бернулли и уравнения количества движения и к введению коэффициента β. Я под коэффициентом β понимал отношение реакции порога, разделенное на равнодействующую гидростатических давлений по сечениям A и C, и намечал некоторые пути для опытного определения коэффициента β.

По поводу доклада инж. А. И. Шварца должен указать, что он снабжен теоретическими соображениями и имеет интересный опытный материал, так что на этой основе можно попытаться построить практические расчетные формулы, которые были бы сравнительно просты при пользовании. Из доклада видно, что пока еще приходится каждый раз проделывать ряд вспомогательных вычислений для того, чтобы судить о некоторых элементах водослива.

Таким образом, я хотел бы отметить, что мы постепенно в этом деле получаем ряд новых подробностей; самое понятие затопленного водослива с широким порогом выявляется более ясно, чем раньше. Мы подвинулись вперед в этом вопросе, и работа инж. А. И. Шварца, на мой взгляд, имеет при этом существенное значение.

Теперь заключительное слово предоставляется докладчику.

А. И. Шварц (*заключительное слово*). Я хотел бы ответить П. М. Бобину следующее. Пренебрежение силами трения — существенный недостаток применения закона количества движения; однако силы трения на длине водослива в выведенное мною уравнение не входят. Следует также заметить, что некоторая попытка учесть силы трения на выходном участке была сделана тем, что коэффициент α_0 был поднят до значения коэффициента α.

Теперь относительно того, что не следует увлекаться длиной водослива. Я позволю себе не согласиться с П. М. Бобиным. Какой водослив считать длинным? Всем известно, что в проектировке инженеры не считаются обыкновенно с длиной водослива, за исключением случаев, когда развитие водослива достигает больших величин. Но и при более коротких водосливах длина их может влиять на форму потока, движущегося по водосливу.

Позволю себе поблагодарить акад. Н. Н. Павловского, который неоднократно помогал мне при работе над этой темой. Отмечу, что то значение β, которое придает акад. Н. Н. Павловский этому коэффициенту, и то значение коэффициента β, которое я придаю ему, — различны. В тех формулах, которые я дал, я пытался, по возможности, избежать введения в расчеты коэффициентов m и φ, которые значительно усложняют расчет.

Для коротких водосливов получается уравнение довольно сложное, и я не уверен, что введение коэффициента C вместо m и φ будет здесь представляться более простым. Как я здесь уже докладывал, эти расчеты носят предварительный характер. Для того, чтобы окончательно рекомендовать эти формулы для расчета, необходимо поставить опыты по изучению коэффициента β. Таких опытов я пока имел лишь 2—3. Методика их довольно трудна.

Председатель. Водослив с широким порогом весьма часто встречается при проектировании как наиболее крупных плотин, так и искусственных сооружений при ирригации, а кроме того, — в вопросах производства работ при гидравлических расчетах, откуда ясна первостепенная важность вопроса при составлении проектов реконструкции Волги; работа докладчика заслуживает полного внимания, и остается лишь пожелать, чтобы доклад был оформлен в расчет-

ном направлении и чтобы были составлены таблицы и графики, которые позволили бы проще и более конкретно пользоваться этими предложениями. С другой стороны, конечно, весьма необходима и постановка лабораторных опытов для дальнейшего уточнения вопроса.

Есть какие-нибудь дополнения или замечания? (*Нет*).

(*Заключительное слово Председателя принимается как мнение Секции по докладу А. И. Шварца*).

Председатель. Переходим к следующему докладу инж. П. М. Бобина «Новый способ гидравлического расчета перемычек при постройке плотин на реках».

П. М. БОБИН

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПЕРЕМЫЧЕК И ДРУГИХ СООРУЖЕНИЙ, СТЕСНЯЮЩИХ ПОТОК В ПЛАНЕ

Содержание доклада представляет собой некоторый итог работы по теме «Расчет пропуска воды между перемычками», проводимой в 1933 г. в Научно-исследовательском институте гидротехники (НИИГ), по группе акад. Н. Н. Павловского. Кроме того, эта работа связана с результатами лабораторных опытов, выполнявшихся в 1932 г. в том же институте по вопросу «О подпоре, вызываемом стесняющими русло сооружениями». Необходимо отметить постоянное участие в этой работе старшего техника Л. М. Царфиной, а также участие других лиц. Особо отмечу руководящее начало в этих работах акад. Н. Н. Павловского, по мысли которого эти работы и возникли.

Несомненно, что, вообще говоря, вопрос о стесняющих русло сооружениях в гидротехнике имеет большое значение. В практическом же разрешении Волжской проблемы он возникает и будет возникать многократно, как на самой Волге, так и на ее притоках, а также на искусственных водотоках — в широком разнообразии конкретных условий и целей. Переходя к существу доклада замечу еще следующее: 1) рассмотрение вопроса предполагает установившийся режим потока и русла на данном отрезке времени; 2) все зависимости приводятся для русла прямоугольного сечения, но возможно учесть и другие формы русла.

§ 1. Основные схемы и задачи расчета. Перемычки и другие сооружения (ряжи, гребенка плотин, устои и быки мостов и т. д.), стесняющие русло в плане, нарушают нормальный режим потока. В верхнем бьефе обычно происходит подъем водной поверхности, на участке стеснения образуется боковое и вертикальное сжатие потока, вследствие чего возрастают скорости (особенно донные); наконец в нижнем бьефе поток растекается (с частичным восстановлением потенциальной энергии), и устанавливаются естественные

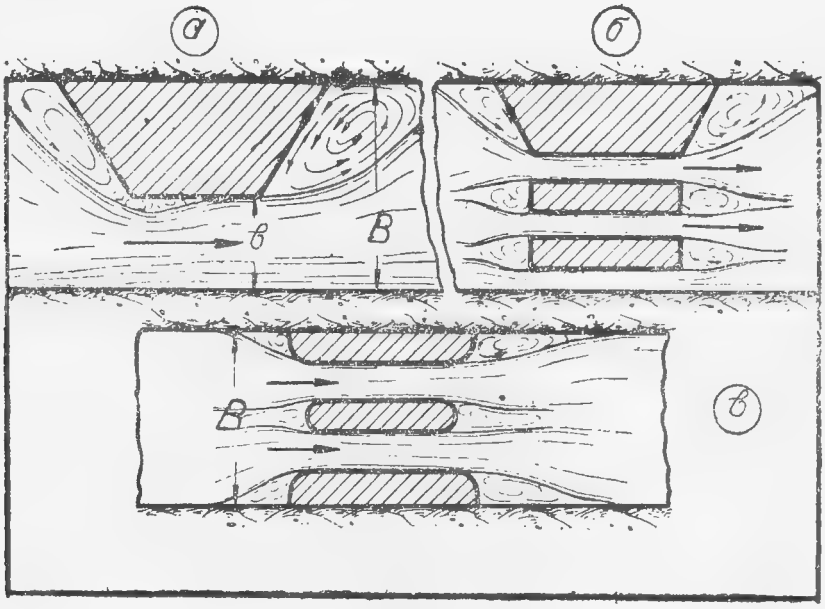
глубина и скорость. На фиг. 1 приведены некоторые основные схемы стеснения русла в плане:

а) перемычка
б) перемычка и ряд ряжей } Во время производства работ

в) случай донных отверстий бокового водосброса во время производства работ, или малый мост.

Основные задачи гидравлического расчета, здесь возникающие, сводятся к следующему:

1) Определение подпорного горизонта, что в свою очередь важно знать для определения затопления, для расчетов статической устойчивости сооружений и т. д.



Фиг. 1.

2. Определение наибольших скоростей потока, могущих размыть грунт и разрушить сооружение и определяющих условия судоходства, особенно взводного.

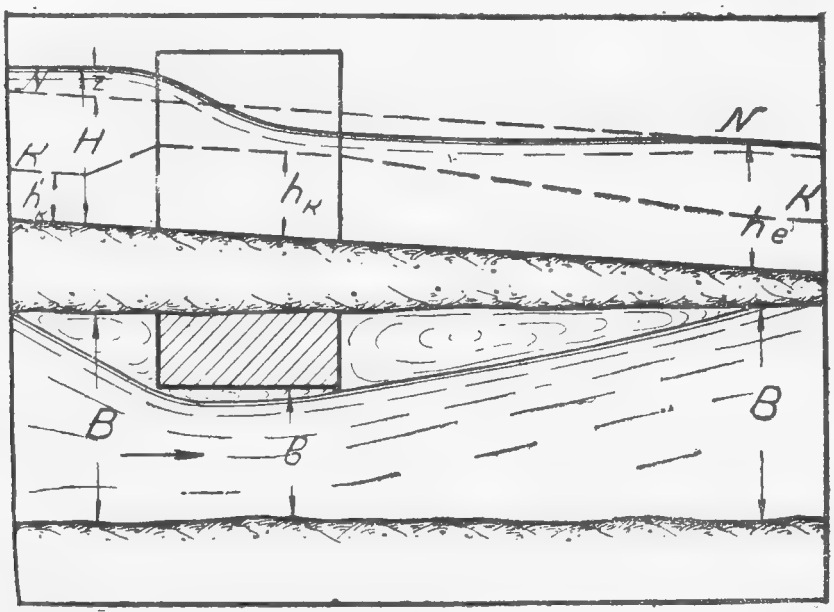
3. Выяснение возможных конфигураций потока на участке стеснения, а также характера и направления струй в нижнем бьефе и определение длины растекания потока там.

4. Определение расхода воды при заданных размерах сооружений и форме их и др. задачи.

Отмечу еще, что при постройке сооружений на реках (где более всего важны эти задачи) способ пропуска воды — определяет в основном и самый способ производства работ по возведению основных сооружений.

§ 2. Возможные конфигурации потока на участке стеснения. Если уклон дна водотока меньше чем критический уклон, то возможно образование четырех основных продольных профилей потока в зоне стеснения, для любой плановой схемы из показанных на фиг. 1.

1° Гидравлически — затопленное сооружение (фиг. 2). Движение воды «спокойное» как в нижнем бьефе, так и в пределах стеснения, т. е. скорости текущей воды меньше, чем скорость распространения волны, а следовательно глубины потока больше, чем критические глубины. Перед стеснением горизонт воды повышается по сравнению с естественным; затем в зоне стеснения скорость увеличивается, и горизонт понижается: далее, по выходе из стеснения, скорость уменьшается, а горизонт немного повышается, причем в некотором отдалении (часто весьма значительном) вниз по течению устанавливается бытовой режим. К низовым граням сооружений всегда примыкают



Фиг. 2.

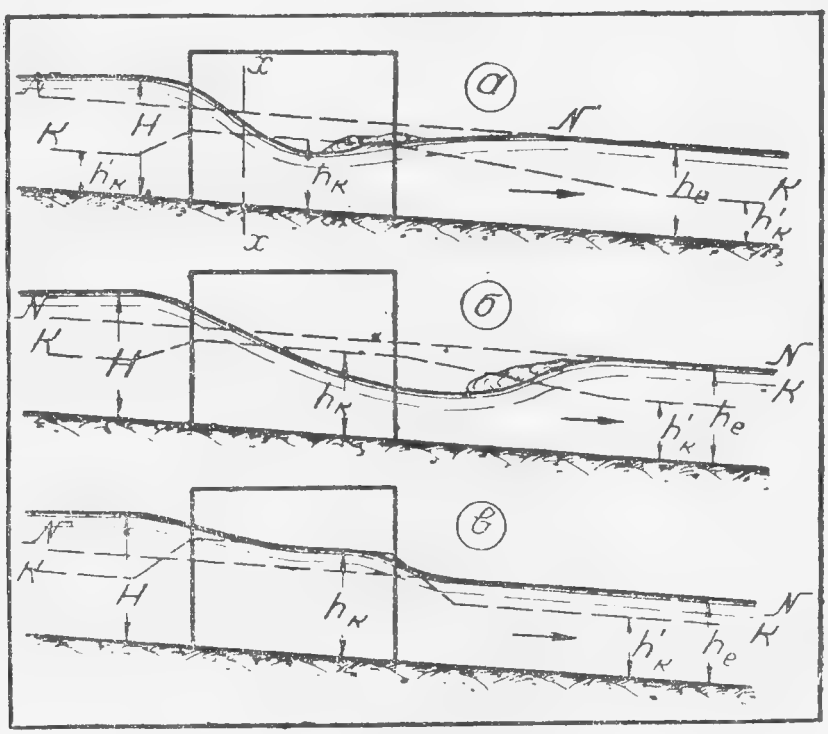
зоны вертикальных вихревых вальцов, размеры которых тем больше, чем больше величина стеснения.

2°. Незатопленное сооружение с участком бурного движения в пределах стеснения (фиг. 3 а). Глубины потока на некоторой длине в пределах сооружения меньше, чем критическая глубина (для данных расхода и светового пролета), ниже же стеснения глубины больше критических. В этом случае поток в суженом месте переходит из бурного в спокойное течение прыжком (чаще малым, несовершенным) или рядом волн. В низовом бьефе конфигурация примерно та же, как и в случае 1°.

3°. Незатопленное сооружение с участком бурного движения как в пределах стеснения, так и непосредственно ниже его. Глубины потока на этом участке меньше критических, причем поток переходит из бурного течения в спокойное в нижнем бьефе прыжком или рядом волн (фиг. 3, б). Растекание потока за перемычками в этом случае происходит почти внезапно (на малой длине). Расположение прыжка в плане криволинейно (пространственный прыжок).

4°. В случае плавной скругленности входных частей и малой величины стеснения свободное истечение будет происходить по схеме, весьма близкой к обычно указываемой в гидравлических руководствах (фиг. 3, в).

Если уклон дна водотока больше критического уклона, то гидравлической затопленности сооружения быть не может, так как бытовые глубины всегда будут меньше, чем критические. Здесь ограничимся рассмотрением лишь двух случаев.



Фиг. 3.

1°. При малой величине стеснения и большом уклоне дна в верхнем бьефе движение происходит с глубиной $h_e < h'_к$ почти до места стеснения. При входе в сооружение образуется повышение свободной поверхности потока, затем по выходе в нижний бьеф понижение до глубины h_e. При этом глубины потока в любом сечении меньше критических (фиг. 4, а).

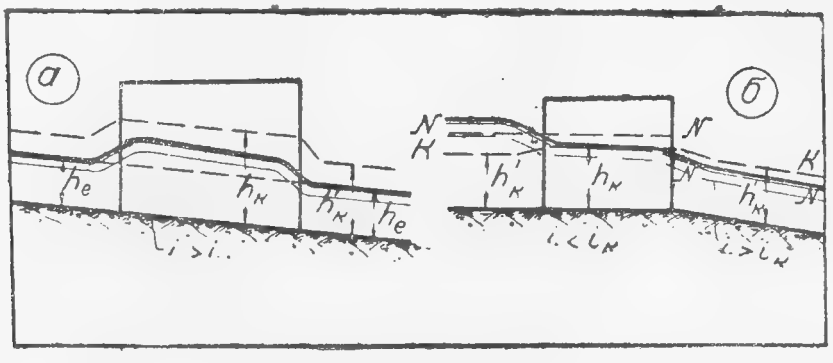
2°. В случае, если сооружение стоит в месте перелома дна, при этом уклон дна выше сооружения меньше критического и наоборот, уклон дна ниже сооружения больше критического, то истечение будет происходить по схеме, указанной на фиг. 4, б.

Отметим, что если первый из профилей (фиг. 4, а) представляет, главным образом, теоретический интерес, то второй (фиг. 4, б) весьма часто может встретиться практически, например, в боковых донных водосбросах.

В заключение этого параграфа следует сказать, что наибольший практический интерес представляют профиля, показанные на фиг. 2—3.

Кроме того, поясним обозначения, принятые на фиг. 1—5, а также в дальнейших выводах:

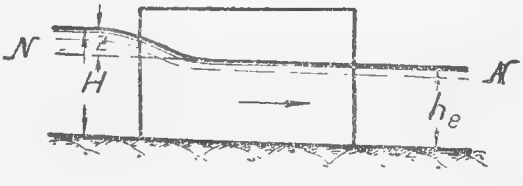
H — статический напор перед сооружением,
h_e — естественная (бытовая) глубина нестесненного потока,
z — подпор, разность глубин: $H - h_e = z$,
h_k — критическая глубина в пределах стеснения,
h'_k — то же для нестесненного потока,



Фиг. 4.

H_0 — полный напор на сооружении, равный статическому, с учетом скорости подхода,
b — ширина русла в пределах стеснения,
$K - K$ — линия критических глубин стесненного русла,
$N - N$ — линия глубин нестесненного русла (нормальных глубин).

§ 3. Краткая справка о старых способах. Задача гидравлического расчета сооружений, стесняющих поток в плане, поставлена практикой давно, но до сего дня теоретически не разрешена с нужной точностью и подробностью. Известны работы ряда гидравликов разного времени, посвященные этому вопросу. Здесь ограничимся кратким рассмотрением лишь двух основных старых формул. Дюбюа (Du Buat) и Мари-Бахметева (Mary).[1]



Фиг. 5.

Формула Дюбюа — первая формула затопленного водослива — дана им еще в 1816 г. и построена на приеме «разложения явления». Весьма многие гидравлики, принимая расчетную схему затопленного сооружения так, как она показана на фиг. 5, рекомендовали применение формулы Дюбюа. При этом полагали, что в верхней части выше

[1] Остальные авторы в своих теоретических работах в основном исходили из этих формул и их пытались видоизменить. Правда, за последние два десятилетия появились новые эмпирические зависимости для сооружений, стесняющих поток в плане, полученные на основе лабораторных опытов. Сюда относятся, например, формулы Ребока (Rehbock), Крея (Krey) и др. Однако, эти чисто эмпирические зависимости, как и следовало ожидать, оказались весьма условны и пригодны лишь для конкретных условий, охваченных эмпирической обработкой.

линии раздела $N-N$, происходит истечение через свободный водослив под напором z, а в нижней части, между линиями $N-N$ и дна, происходит истечение через отверстие, высотою h_e, опять-таки под напором z. В соответствии с чем формула эта представляется в следующем виде:

$$Q = \mu' b h_e \sqrt{2g(H_0 - h_e)} + \frac{2}{3} \mu'' b \sqrt{2g} (H_0 - h_e)^{3/2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Теоретическая необоснованность этой формулы убедительно показана еще в 1901 г. Вислоцким и в 1913 г подчеркнута Б. А. Бахметевым. Отмечая чисто формальный прием разложения затопленного водослива — на водослив незатопленный и на отверстие, акад. Н. Н. Павловский говорит, что прием этот «не отвечает существу явления». Указывая далее на весьма разнообразную оценку коэффициентов μ' и μ'' — различными авторами (от $\mu' = 0.60 - 0.83$ и $\mu'' = 0.53 - 0.70$), Н. Н. Павловский приходит к выводу, что «исторически весьма важную формулу Дюбуа едва ли можно рекомендовать к дальнейшему применению». При сопоставлении с действительностью формула эта давно оказалась неудовлетворительной. Однако она не была отвергнута совсем и до настоящего времени широко распространена, особенно в Германии. Необходимо еще отметить, что если увлечение немецких гидравликов формулой Дюбюа можно объяснить малым знакомством с русской и советской литературой, то необъяснимо странным кажется безоговорочное приведение этой формулы в 1391 г. в русском переводе книги Пешля «Курс гидравлики», а в 1932 г. в русском переводе книги Штрека «Гидротехнические расчеты» и др. Опытная проверка в лаборатории НИИГ в 1932 г. подтвердила несостоятельность формулы Дюбюа.

Принимая для затопленного сооружения расчетную схему, показанную на фиг. 5, Мари и Бахметев рекомендовали применение формулы затопленного водослива с широким порогом:

$$Q = \varphi b h_e \sqrt{2g\,(H_0 - h_e)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Здесь φ — коэффициент — учитывает потери энергии на сооружении и, по мнению авторов, зависит только от формы стесняющих сооружений. Формула Мари-Бахметева до сего дня является главным, почти единственным расчетным средством в СССР, хотя она в ряде случаев может дать лишь грубое приближение к действительности и не даст указаний о возможных и важных конфигурациях потока на участке стесненного сооружениями русла.

§ 4. Исходные уравнения. Составляя уравнение Бернулли для сечений подходного к сооружению и сечения $x-x$ в пределах сооружения (фиг. 3,а) получим:

$$H_0 = h + \frac{\alpha Q^2}{2g b^2 h^2 \mu^2}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

где μ учитывает потери энергии между рассматриваемыми сечениями и боковое сжатие потока в сечении $x-x$.

В согласии с принципом Беланже (Belanger) можно написать: $\frac{dH_0}{dh}=0$, при $Q=\text{const}$, чему соответствует по (3) следующее выражение для глубины h в сечении $x-x$

$$h=\sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2\mu^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

С другой стороны, на основании указанного принципа имеем: $\frac{dQ}{dh}=0$, при $H_0=\text{const}$. Последнее условие приводит к следующему выражению для глубины h:

$$h=\frac{2}{3}H_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Учитывая, что критическая глубина, определяемая расходом Q и шириной потока в пределах стеснения (световым пролетом) — b, равна

$$h_k=\sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{b^2 g}}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

из уравнений (4) и (5) получим для полного напора на сооружении H_0 следующее выражение:

$$H_0=\frac{3h_k}{2\mu^{2/3}}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

В то же время H_0 можно выразить через статический напор H и расход Q

$$H_0=H+\frac{\alpha Q^2}{2gB^2H^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

§ 5. Формула расхода для незатопленного сооружения. При гидравлически незатопленном сооружении, для данной формы и размеров стеснения величина μ может быть принята постоянной, независимо от изменения глубины — $\frac{\partial\mu}{\partial h}=0$, иначе $\mu=\text{const}=\mu_0$. Далее, обозначая отношение $\frac{b}{B}=\beta$, на основании (7) и (8), получим:

$$h_k^3-\frac{3H^2h_k}{\mu^{2/3}\beta^2}+\frac{2H^3}{\beta^2}=0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Решение кубического уравнения (9) и учет (6), после некоторых преобразований, и дают искомую формулу расхода воды через незатопленное сооружение:

$$Q=ABH^{3/2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

При этом величина A определяется следующим выражением:

$$\left.\begin{aligned} A&=\sqrt{\frac{g}{\alpha\mu_0\beta}\left(\cos\frac{\varphi}{3}-\sqrt{3}\sin\frac{\varphi}{3}\right)^3};\\ \cos\varphi&=\mu_0\beta. \end{aligned}\right\} \ldots\ldots \quad (11)$$

Из системы выражений (11) видно, что величина A является функцией произведения коэффициента μ_0 на относительное стеснение β и для данной формы стеснения может быть представлена графически одной кривой $A=f(\mu_0\beta)$. Для прямоугольных в плане перемычек, ряжей, устоев и др. стесняющих сооружений, на основании опытов НИИГ приводим табл. 1 значений μ_0 в зависимости от β.

Таблица 1

β	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
μ_0	0.76	0.81	0.85	0.88	0.90	0.915	0.93	0.94	0.95	1.00

§ 6. Критерий затопленности. В случае гидравлически затопленного сооружения представляется удобным оставить для полного напора на сооружении H_0, в основном, то же выражение (7), как и при незатопленном сооружении. Однако при этом коэффициент μ меняется с изменением глубины $\left(\frac{\partial\mu}{\partial h}\neq 0\right)$, поэтому, взамен постоянной, для данной формы и величины стеснения — μ_0 войдет переменная — μ. Если теперь в соответствии с фиг. 2 обозначим $H=h_e+z$, то взамен выражения (9) можно написать:

$$h_k^3-\frac{3(h_e+z)^2h_k}{\mu^{2/3}\beta^2}+\frac{2(h_e+z)^3}{\beta^2}=0 \quad . . . . . (12)$$

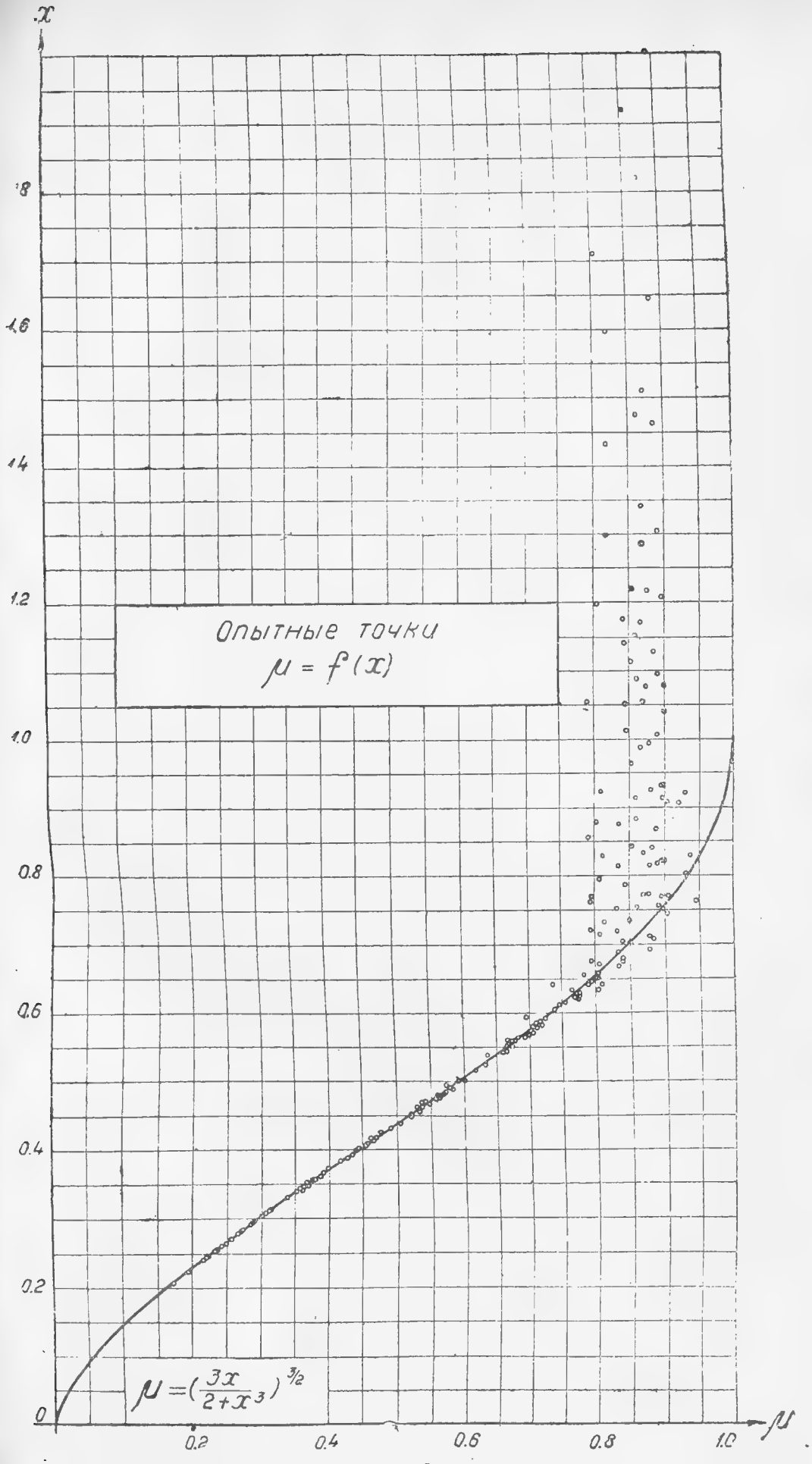
Решая (12) относительно μ, получим:

$$\mu=\left[\frac{3h_k(h_e+z)^2}{2(h_e+z)^3+\beta^2h_k^3}\right]^{3/2} \quad . . . . . (13)$$

Учитывая, что при затопленном сооружении величина z заметно мала по сравнению с h_e — примем $z\simeq 0$. Но это равносильно условию нулевого стеснения, т. е. $\beta=1.0$. Тогда, обозначая $\frac{h_k}{h_e}=x$, из (13) найдем:

$$\mu=\left(\frac{3x}{2+x^3}\right)^{3/2} \quad . . . . . (14)$$

Кривая $\mu=f(x)$, приведенная на фиг. 6 показывает, что с увеличением x возрастает и величина μ. При этом нам важно рассмотреть изменение μ лишь в пределах: $0<x<1$, так как ясно, что при $x>1$ скорость текущей воды будет больше скорости распространения волны, а следовательно, нижний бьеф не будет влиять на истечение. Но в предыдущем § 5 было сказано, что для незатопленного сооружения, для данных размеров и формы последнего, величина μ является постоянной; добавим, что притом всегда меньшей, чем единица ($\mu=\mu_0<1$). Иначе говоря, на графике (фиг. 6), всем x, отвечающим затопленному


x
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
Опытные точки
μ = f(x)
μ = (3x / (2+x³))^{3/2}
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
μ

Фиг. 6.

состоянию, — соответствуют значения $0 < \mu < \mu_0$, и всем x, отвечающим незатопленному состоянию, — соответствует одно значение $\mu = \mu_0$. Таким образом, для затопленного сооружения можно алгебраически записать:

$$\left(\frac{3x}{2+x^3}\right)^{3/2} < \mu_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

Приведенный критерий (15) достаточно хорошо подтверждается опытами, произведенными в Гидравлической лаборатории НИИГ. Опытные точки для μ, определяемого выражением (13), общим числом около 300, при затопленном состоянии сооружения, с весьма малыми отклонениями, укладываются на кривую, определяемую выражением (14), и при достижении $\mu = \mu_0$, соответствующего незатопленному сооружению, при дальнейшем увеличении x — уходят вертикально вверх, что и видно на фиг. 6. Отмечу еще, что из рассмотрения критерия (15) следует, что обычно принятое условие затопленности сооружения: $h_e > h_k$ необходимо, но недостаточно, нужно еще условие (15).

§ 7. Формула расхода для затопленного сооружения. Подставляя в уравнение (12) значение μ для затопленного сооружения из (14) можно получить:

$$z = \frac{h_k^3}{2h_e^2} - \frac{\beta^2 h_k^3}{2H^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

Однако опыты показывают некоторое отклонение z, исчисленных по зависимости (16) от действительно наблюденных. Отклонение это, видимо, объясняется гидравлической приближенностью рассмотрения вопроса, когда приходится игнорировать немедленно изменяемость движения в пределах стеснения, а также неучетом влияния формы стесняющих сооружений в выражении (16). Отсутствие более точного и рационального решения вынуждает корректировать выражение (16) некоторым опытным коэффициентом — σ. Этот коэффициент введен здесь во второй степени и в знаменатель первого члена правой части равенства (16), после чего получим:

$$z = \frac{h_k^3}{2}\left(\frac{1}{\sigma^2 h_e^2} - \frac{\beta^2}{H^2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

Для вывода из (12) формулы расхода учтем, что $H = h_e + z$, а также обозначим: $\frac{h_e}{H} = k$. Тогда, преобразовывая (17), найдем:

$$h_k^3 = \frac{2\sigma^2 k^2 H^3 (1-k)}{1 - \beta^2 k^2 \sigma^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

Затем, заменяя h_k через Q и решая относительно последнего (18), получим:

$$Q = \sigma k b \sqrt{\frac{2g(1-k)}{\alpha(1-\beta^2 k^2 \sigma^2)}}\, H^{3/2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

или

$$Q = \sigma b A_1 A_2 H^{3/2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (20)$$

где

$$\left.\begin{aligned} A_1 &= k\sqrt{\frac{2g}{\alpha}(1-k)} = f(k) \\ A_2 &= \frac{1}{\sqrt{1-k^2\beta^2\sigma^2}} = f(k\beta\sigma) \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \quad (21)$$

Согласно опытам, проведенным в НИИГ, коэффициент σ зависит, главным образом, от формы и величины относительного стеснения β.[1] Ниже, на основании этих опытов в таблице 2[2] приведены значения σ для прямоугольных в плане стесняющих сооружений в зависимости от величины β.

Таблица 2

β	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
σ	0.80	0.88	0.95	1.00	1.05	1.08	1.10	1.12	1.15

В заключение отметим, что величины A_1 и A_2, входящие в формулу (20), могут быть для данной формы стеснения, каждая в отдельности, представлены графически одной кривой, как это и следует из (21).

ПРЕНИЯ

Председатель. Обращаюсь с предложением высказаться по докладу. Если желающих нет, я скажу несколько слов в порядке прений.

Лучше всего для оценки доклада несколько остановиться на истории этого вопроса. Мы знаем, что первоначально такого рода вопросы решались при помощи применения старинной формулы Дюбюа. Эта формула настолько живуча, что в настоящее время еще встречается в американских курсах, равным образом и в немецких руководствах.

Дальнейшим усовершенствованием, хотя и небольшим, является формула Мари, предложенная во Франции, главным образом, для судоходных плотин. Эту формулу Мари проф. Бахметев распространил на ряд других случаев. Поэтому докладчик поступает вполне правильно, называя этот прием — приемом Мари-Бахметева.

Можно отметить еще дальнейшее усовершенствование, на котором остановились главным образом немецкие гидравлики, когда они занимались отысканием истинного и кажущегося подпора, применяя, главным образом, уравнение Бернулли. При этом оказывается, что

[1] Точнее величина σ зависит еще от отношения $\frac{h_e}{H} = k$.

[2] Здесь для каждого β приведены «средние» значения σ.

перепад является наибольшим между отметкой верхнего бьефа и отметкой горизонта воды между устоями или перемычками, после чего следует некоторое повышение горизонта. Отсюда мы и получаем понятие кажущегося и действительного подпора. Но прием этот, формально правильный, мало что может дать для расчета, в виду того, что здесь все-таки далеко не все обстоятельства учитывались.

В способе, который нам предложен в докладе, мы видим рассмотрение главнейшего вопроса, а именно — о форме свободной поверхности потока при уклонах как больше, так и меньше критического; равным образом, здесь выяснены условия затопления. Вот, собственно, главнейшие отличия, которые имеет эта работа.

Как я полагаю, данная работа более подробно охватывает гидравлику всего этого явления, чем до сих пор известные способы. Это обстоятельство, конечно, и является существенным; то соображение, что автор исходит из гидравлики медленно изменяющегося движения, по моему, никакого упрека не вызывает, потому что нельзя предъявлять к одному только вопросу требования, выходящие за рамки постановки вообще всей гидравлики. Гидравлика во многом базируется на модели медленно изменяющегося движения; целый ряд вопросов по искусственным сооружениям, по плотинам и т. д., основывается на этой модели, и эта модель практически правильна почти во всех подобных случаях, так что никоим образом от этой модели и не нужно отказываться, хотя в других случаях и есть целый ряд местных особенностей и местных явлений, к которым эта модель просто не относится.

Подойти к вопросу гидродинамически будет весьма желательно, и впоследствии, конечно, это будет сделано.

Должен еще сказать, что автором проделано много опытов, получено больше 300 опытных точек. Конечно, можно сказать, что эти опытные точки лабораторного происхождения не вполне отражают действительность, но примите во внимание, что если вы пожелаете в лаборатории на малой модели проверить какой-либо узел гидротехнических сооружений, то вы тоже будете работать в малом масштабе. Значит, принципиально точки, которые получатся по специальному опыту для известного узла, по удельному весу не будут отличаться от тех, которые сейчас уже докладчиком получены. Эти опытные точки дают нам возможность уже без опыта предварительно подходить к расчету перемычек в гидравлическом отношении, и только некоторые стороны явления — например, картина потока в плане, затем некоторые индивидуальные условия реки — должны быть оценены дополнительно в лаборатории.

Работа эта отчасти применялась уже и на производстве при проектировке и тем самым показала именно свою реальность, т. е. в ней были не только благие пожелания, но есть и конкретные расчеты, которыми мы можем пользоваться.

Может быть, кто либо еще желает высказаться?

Если нет, тогда позвольте предложить заключение такого порядка: являясь новым предложением и позволяя учесть гидравлику

потока при устройстве перемычек более подробно, чем известные до сего времени способы, этот доклад дает интересные материалы по вопросам гидравлики сооружений. Это первое.

Второе: следовало бы отметить нечто более общее, указать на роль вопросов по гидравлике производства работ, т. е. совокупности расчетов, которые относятся к периоду постройки плотины или гидротехнического узла. К сожалению, в наших гидротехнических руководствах имеются в виду почти исключительно расчеты для сооружений в период их эксплоатации, но, прежде чем сооружения дойдут до такого состояния, они должны пережить ряд лет постройки, и этот ряд лет они находятся в разных гидравлических условиях. Следовательно, мы должны оценивать, как эти сооружения будут пропускать воду за время от начала постройки до ее конца, и поэтому весьма жаль, что обычно гидравлика мало занимается этими вопросами и ограничивается готовыми сооружениями, главным образом.

Следует в дальнейшем иметь в виду: гидравлику перемычек, гидравлику ряжей, гидравлику гребенки и целый ряд вопросов, связанных с фильтрацией, с одной стороны, через перемычки, а с другой — с фильтрацией при понижении уровня грунтовых вод в строительных котлованах. Вот, примерно, неполный перечень по этому разделу гидравлики, и я хотел бы, чтобы сказанное было здесь отмечено в связи с предстоящим волжским строительством.

(*Заключительное слово Председателя принимается как мнение Секции по докладу П. М. Бобина*).

Председатель. Переходим к докладу инж. В. И. Аравина «Некоторые специальные случаи гидравлического расчета быстротоков на ирригационных системах».

В. И. АРАВИН

НЕКОТОРЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ СЛУЧАИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА БЫСТРОТОКОВ НА ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Многообразие естественных условий проектирования, а также условий работы быстротоков на ирригационных системах, заставляют искать новые их формы, более отвечающие указанным условиям, чем распространенные призматические формы быстротоков, характеризующиеся равенством

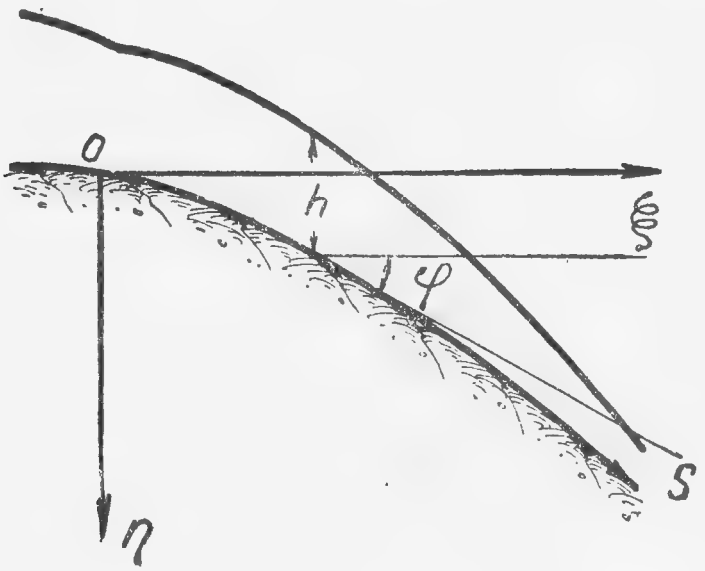
$$\frac{d\omega}{ds}=0,$$

где ω — площадь живого сечения лотка быстротока и s — расстояние, отсчитываемое по линии дна.

Построение кривой свободной поверхности потока, движущегося в призматическом русле быстротока, основано на применении известных способов: Бресса, Бахметева, Павловского, Хестеда и других.

Ниже изложены основные соображения, касающиеся расчета непризматических быстротоков, именно быстротоков с криволиней-

ным продольным профилем дна, быстротоков с постоянной по длине глубиной потока и быстротоков с геометрически подобными по длине живыми сечениями. Применение указанных типов быстротоков может быть вызвано, во-первых, соображениями о лучшем с точки зрения гашения энергии и укрепления дна нижнего бьефа сопряжении потока быстротока с нижним бьефом и, во-вторых, экономическими соображениями о выборе дна быстротока, близкого к естественному профилю местности.



Фиг. 1.

Исследование форм кривых свободной поверхности потока, движущегося в быстротоке, у которого продольный профиль дна образован некоторой плоской, лежащей в вертикальной плоскости кривой и для которого имеет место равенство $\frac{d\omega}{ds}=0$, показывает, что эти кривые являются кривыми спада. Направление их выпуклости зависит от формы кривой линии дна $\eta=F(\xi)$, где η и ξ — координаты (фиг. 1).

Если принять во внимание, что радиусы кривизны кривой линии дна быстротока велики и возникающие при движении центробежные силы инерции — ничтожны, то уравнение движения потока напишется

$$\frac{dh}{ds}=\frac{i-\frac{Q^2}{K^2}}{1-\frac{\alpha_0 Q^2 B}{g\omega^3}}; \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

здесь h — глубина,
i — переменный по длине уклон дна,
Q — расход,
K — модуль расхода,
a_0 — коррективе неравномерности распределения скоростей по сечению,
B — ширина сечения по верху,

ω — площадь живого сечения,
g — ускорение силы тяжести.

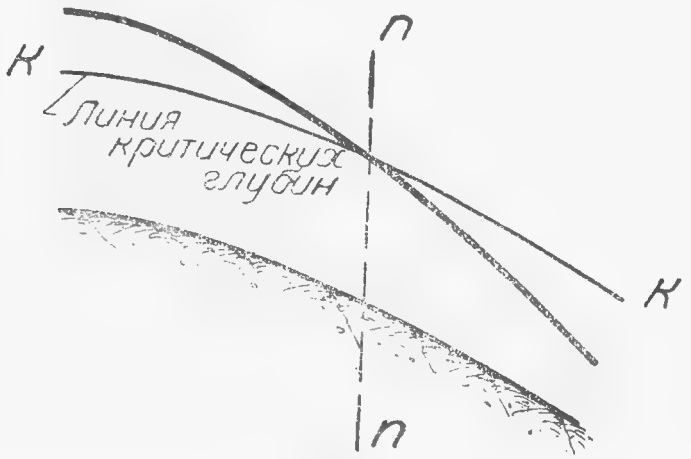
При малых значениях i, что обычно имеет место, можно принять

$$i = \sin\varphi = \eta' \frac{d\xi}{ds} = \sim \eta', \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

где $\eta' = \frac{d\eta}{d\xi}$.

Возможен случай, когда в некотором сечении быстротока уклон дна i при данном расходе будет равен критическому, т. е. будет удовлетворять равенству

$$i = \frac{g\chi_k}{\alpha_0 C_k^2 B_k}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$



Фиг. 2.

где χ_k, C_k и B_k — смоченный периметр, коэффициент Шези и ширина сечения поверху, соответствующие критическому наполнению — h_k.

Необходимым при построении кривой свободной поверхности начальным условием в этом случае будет условие перехода потока в сечении $n — n$ через критическую глубину (фиг. 2). Указанное условие является общепринятым при гидравлическом расчете быстротоков с прямолинейным продольным профилем дна, применительно к сечениям, где имеется перелом профиля дна с изменением уклона $i < i_k$ на $i > i_k$. Интегрирование уравнения (1) производится по одному из известных приближенных способов: способу суммирования, способу Эйлера и др. Значение производной $\frac{dh}{ds}$ в сечении $n — n$ может быть определено по следующей достаточно точной для практических расчетов формуле

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i_k}{2} - \sqrt{\left(\frac{i_k}{2}\right)^2 + \frac{h_k}{x}\eta''}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

где x — гидравлический показатель русла,

$$\eta'' = \frac{d^2\eta}{d\xi^2}.$$

На фиг. 3 представлены схемы быстротоков с криволинейными продольными профилями дна.

Остановимся на случае быстротока с постоянной по длине лотка глубиной и криволинейным продольным профилем дна.

Для определения формы быстротока с постоянной глубиной и прямолинейным продольным профилем дна было предложено несколько способов различными авторами: акад. Н. Н. Павловским, И. И. Леви и другими. Наложенное на поток условие постоянства глубины требует, чтобы $\frac{dh}{ds}=0$.

Вводим в общее уравнение неравномерного движения следующее приближенное равенство:

$$K^2=K_1^2\,B^r, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

где K_1 и r — постоянные величины. Равенство (5), как показывают примеры расчета, являются достаточно точным для практических целей. Принимая во внимание относительно небольшие изменения величины

$$j_1=\frac{\alpha_0\,C^2\,hB}{g\chi}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

принимаем ее при интегрировании уравнения движения постоянной и равной некоторому среднему ее значению в пределах двух сечений.

Принятие указанных допущений позволяет получить интеграл уравнения движения для рассматриваемого случая в следующем виде

$$\frac{1}{B^r}=e^{-\frac{r}{j_1}\xi}\left[c+\frac{K_1^2\,r}{Q^2\,j_1}\int F'(\xi)\,e^{\frac{r}{j_1}\xi}\,d\xi\right]; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

здесь e — основание натуральных логарифмов,

c — постоянная интегрирования,

$$F'(\xi)=\eta',$$

остальные обозначения — прежние.

Из формулы (7) довольно просто получить расчетные формулы для целого ряда различных форм кривых продольного профиля дна $\eta=F(\xi)$, так для параболы 2-й степени

$$\eta=\alpha\xi^2+\beta\xi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

получаем:

$$\frac{1}{B^r}=\frac{c}{e^{\frac{r}{j_1}\xi}}+\frac{K_1^2}{Q^2}\left(2\alpha\xi+\beta-2\alpha\frac{j_1}{r}\right), \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

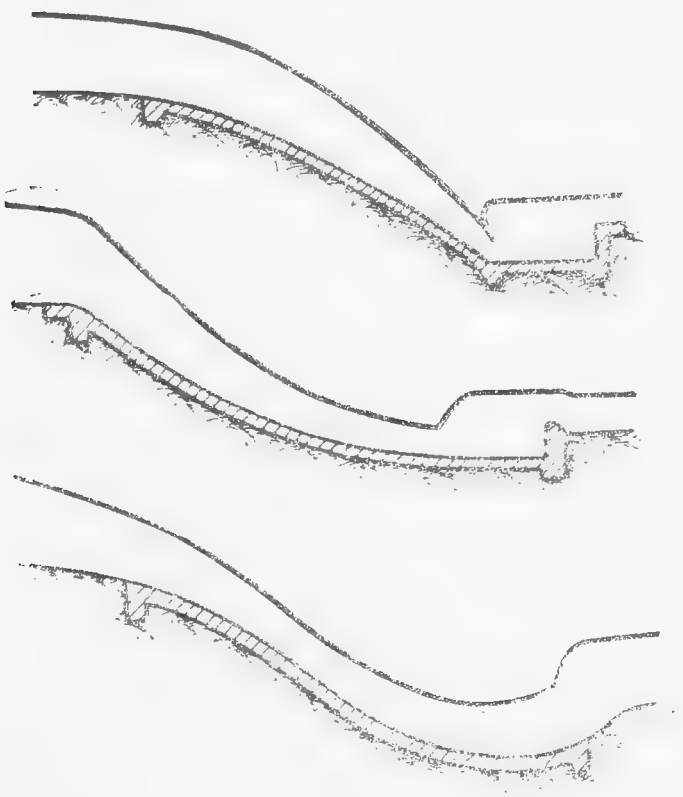
причем

$$c=\frac{1}{B_0{}^r}-\frac{K_1^2}{Q^2}\left(\beta-2\alpha\frac{j_1}{r}\right), \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

B_0 — ширина поверху в начальном сечении ($\xi=0$; $\eta=0$).

В случае, если $F(\xi)$ выражает прямую, из (7) получается следующая формула для расчета быстротоков с постоянной глубиной и прямолинейным продольным профилем дна:

$$\frac{1}{B^r} = \frac{c}{e^{\frac{r}{p}\xi}} + i\frac{K_1^2}{Q^2}; \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$



Фиг. 3.

здесь i — постоянный уклон дна,

$$c = \frac{1}{B_0^r} - i\frac{K_1^2}{Q^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

Гидравлический расчет лотка быстротока рассмотренного типа заключается в определении его ширины B в различных сечениях, определяемых задаваемыми значениями координаты ξ.

Далее рассмотрим расчет быстротока с наложенным условием о геометрическом подобии живых сечений на всем протяжении лотка.

Интегрируя уравнение движения, получаем следующую расчетную формулу для данного случая

$$il = \frac{\varepsilon_1 K_0^{\frac{1}{p}}}{p}\left[\Omega_1(x_2) - \Omega_1(x_1)\right] - \frac{2\alpha_0 Q^2}{pg\varepsilon_2^2 K_0^{\frac{4}{p}}}\left[\Omega_2(x_2) - \Omega_2(x_1)\right]. \quad (13)$$

В формуле (13) обозначено:
l — расстояние между сечениями 1 и 2,

$$\varepsilon_1 = \frac{h}{\sqrt[p]{K_1}}; \qquad \varepsilon_2 = \frac{\omega}{\sqrt[p]{K_2}}; \quad \ldots \quad (14)$$

$$\varkappa = \frac{K}{K_0}; \qquad K_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}} \quad \ldots \quad (15)$$

p — постоянная величина, имеющая при пренебрежении изменением коэффициента Шези значение $p = 2.5$, при учете же изменения коэффициента Шези по формуле Форхеймера $p = 2.7$;

$$\Omega_1 = \int \frac{\varkappa^{\frac{1}{p}+1}}{\varkappa^2 - 1}\, d\varkappa; \qquad \Omega_2 = \int \frac{d\varkappa}{\varkappa^{\frac{4}{p}-1}(\varkappa^2-1)} \quad \ldots \quad (16)$$

Расчет рассматриваемого типа быстротока представляется весьма несложным при наличии готовых таблиц для функций Ω_1 и Ω_2. На фиг. 4 показаны два сечения быстротока рассматриваемого типа.

Фиг. 4.

Следует отметить, что точность решения, полученного в виде формулы (13), выше точности решения, полученного для призматических русел по способу Бахметева. Это объясняется тем, что показательная зависимость модуля расхода от глубины наполнения при принятии показательной формулы для коэффициента Шези является вполне точной в применении к руслам рассмотренного типа, а главное тем, что при получении формулы (13) из под знака интеграла не выносится переменная величина, как это имеет место при получении расчетной формулы для призматических русел.

В заключение можно отметить, что экспериментальная проверка формул, полученных для быстротоков некоторых специальных форм, а также экспериментальные исследования вопроса о сопряжении потока с нижним бьефом и о гашении энергии для этих быстротоков представляют большой практический интерес, особенно если принять во внимание, что таких исследований в настоящее время почти не имеется.

ПРЕНИЯ

Инж. Давидович. По докладу В. И. Аравина я хотел бы отметить следующее обстоятельство. Докладчик несколько недооценивает предложенный им способ: он имеет более широкое применение, чем только

на ирригационных системах. Я имею в виду водослив, который был применен в Америке на плотине Девис-Бридж. Как известно, этот водослив имеет форму граммофонной трубы. При расчете этого водослива американцы подходили упрощенно, считая, что движение на входной части этого водослива, в действительности криволинейного, происходит как на участке с прямолинейным профилем дна. Применение такого типа водосливов находит в последнее время широкое применение при проектировании гидростанций, как, например, предполагалось на Днорагэсе. Там можно было бы применить подобный расчет. К сожалению, этот расчет В. И. Аравина тогда не был разработан.

Правда, несколько затрудняется этот расчет тем, что поверхность воды на некоторых участках, где струи сходятся, имеет уже почти вертикальное направление, но во всяком случае на входном участке, который имеет криволинейный профиль, подобные расчеты вполне применимы, и было бы целесообразно, чтобы докладчик это дополнение сделал в своей работе.

Проф. Рахманов. Построение кривых линий призматических быстротоков требует применения уравнения Бернулли. Задача решается чрезвычайно неприятно для проектировщика, требует довольно кропотливого подбора. Поэтому естественно искать каких-нибудь иных решений. Наиболее благоприятным является путь, который намечен В. И. Аравиным, именно путь искания решений для быстротоков с наперед заданными условиями, например, с геометрическим подобием живых сечений. Но для проектировщика это дает довольно большое затруднение, потому что он имеет возможность решить эту задачу только один раз. Обычно же на практике встречаемся с необходимостью внести поправку для других режимов, и здесь приходится обращаться к тому же неприятному способу — применению уравнения Бернулли.

Я хотел бы обратить внимание В. И. Аравина на величину j. Он сказал, что эта величина такого же порядка, как для призматических русел. Я с этим не согласен. Там величина ℓ должна меняться меньше, чем величина j, написанная на этом плакате. Здесь мы имеем довольно сильное изменение ширин, поэтому будет меняться довольно сильно величина j, здесь сильнее меняется величина B и величина C.

Председатель. Мне также кажется, что этот расчетный прием может иметь более широкое значение, чем предполагает сам докладчик, который связывает устройство таких быстро-токов с топографией местности.

Во-первых, по отношению к быстротокам мы будем иметь такое соображение: если мы сделаем быстроток с постепенно уменьшающимся уклоном, то мы получим некоторое торможение на быстротоке, т. е. достигнем того же, что мы имеем при суживающихся быстротоках.

Во-вторых, криволинейные в продольном профиле части, при наличии медленно изменяющегося движения, могут найти применение не только в быстротоках, но также и в лотках, каналах и пр. При данных докладчиком зависимостях уже не придется в расчетах заменять криволинейные части близкими к ним прямолинейными.

Слово для заключения имеет В. И. Аравин.

В. И. Аравин (*заключительное слово*). Я вполне согласен с А. Н. Рахмановым в том отношении, что здесь, по существу, задача решается один раз. Дальнейший пересчет на другие расходы будет производиться приблизительным методом. То же самое можно сказать о любых непризматических руслах.

Но что касается j, я позволю себе не согласиться с ним, потому что, по моим подсчетам, оказалось, что j недостаточно сильно изменяется. Во всяком случае его изменение примерно такого же порядка, как изменение j в случае обычных быстротоков. Ведь в обычных быстротоках, когда мы имеем кривые спада такого вида (фиг. 1), у нас j изменяется тоже весьма значительно. И в некоторых моих примерах изменение j я подсчитал, например при параболической кривой линии дна. В широких пределах изменения уклона и длины быстротоков j изменялась таким образом: от 220 до 150—160. Изменение примерно такого же порядка, как изменение j в обычных типах призматических быстротоков. Для других типов кривых свободной поверхности изменения очень малы, но их конечно нельзя сравнивать с этим способом, а нужно сравнивать с аналогичными случаями обычных быстротоков.

Что касается более широкого применения данных формул, как здесь было указано, то я в настоящем докладе имел в виду, как это и явствует из его названия, только ирригационные системы. Поэтому я только в этой плоскости и рассматривал вопрос.

Председатель. Я указал докладчику одно применение, но он ничего об этом не сказал, а именно — тормозящее действие уменьшающегося уклона. Интересно бы узнать мнение докладчика по этому вопросу.

В. И. Аравин. Я могу с этим согласиться. Может быть, это применение создаст в некоторых случаях хорошее решение вопроса о сопряжении бьефов.

Председатель. В заключение мне хотелось бы выразить сожаление, что из области искусственных сооружений при ирригации по нашей секции имеется только один этот доклад. Между тем, область проектирования искусственных сооружений на ирригационных системах весьма важна в производственном отношении и весьма интересна в теоретическом отношении. Практическая гидравлика весьма много импульсов для своего развития получила именно от ирригации, так как ирригационные сооружения чрезвычайно разнообразны, почему и возник целый ряд запросов к гидравлике со стороны ирригационной практики.

В частности, по данному докладу следует указать, что при дальнейшей его разработке он может иметь несомненно практическое значение при выработке новых, более рациональных типов быстротоков. Кроме того, намеченные расчетные приемы могут быть использованы для лотков и др. случаев с криволинейным профилем дна (*принимается Секцией*).

Позвольте на этом доклад считать законченным и перейти к следующему докладу. Слово имеет инж. Поляков для доклада «Исследование коэффициента шероховатости русел и пойм равнинных рек».

Б. В. ПОЛЯКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ШЕРОХОВАТОСТИ РУСЕЛ И ПОЙМ РАВНИННЫХ РЕК

При проектировании кривых подпора на Нижней Волге мы столкнулись с вопросом о коэффициенте шероховатости. Вопрос этот, однако, играет решающую роль не только в расчете кривых подпора, но еще и в ряде чрезвычайно важных инженерных проектировок. Достаточно указать хотя бы на такой вопрос, как расчет отверстий мостов или вообще искусственных сооружений, при котором приходится экстраполировать кривую расхода вверх; с такой же экстраполяцией кривой мы сталкиваемся при расчете стока — вопрос, который является, собственно, основным вопросом инженерной гидрологии.

Насколько беспомощна бывает здесь проектировка, вследствие отсутствия знаний в области коэффициента шероховатости, можно видеть из такого примера. При расчете обвалования Терека получили три стоимости обвалования: 27, 33 и 44 млн. руб. исключительно вследствие того, что были приняты разные коэффициенты шероховатости. Коэффициент шероховатости поймы соответствовал по Базену для первой цифры в 27 млн. руб. $= 2.5$, для 33 млн. руб. $= 5$ и для 44 млн. руб. $= 8$. Так как данных о коэффициенте шероховатости по пойме Терека не было, то остановились на самой последней стоимости, т. е. приняли $\gamma = 8.0$ с запасом и приняли стоимость обвалования самую большую. Очень часто приходится именно так решать вопрос в виду его неизученности. Отчасти и здесь, на Волге, мы тоже решали этот вопрос в сторону некоторого запаса, но не такого большого, как на Тереке. В задачи нашего исследования входило установить: 1) какая формула является лучшей для расчета, затем 2) какие значения коэффициента можно принять и, наконец, 3) какие значения коэффициента будут при подпоре. Последний вопрос является очень сложным, мы его не разрешили и вообще, повидимому, его разрешить при данном знании этого дела нельзя, в виду отсутствия достаточных опытных данных. Мы сделали в этой области известную попытку; насколько она удачна, мы не беремся судить.

Как известно, до сих пор большой популярностью пользуется формула Базена. Ее применяют даже там, где она не вполне оправдала себя — при расчете русел естественных рек и пойм. Формула эта в наших условиях давала далеко неудовлетворительные результаты, она давала отрицательные значения коэффициента γ, который, как известно, ни одним справочником не предусмотрен. Популярность этой формулы объясняется главным образом ее простотой, а отчасти тем, что в свое время проф. Бахметев указал, что только инерция и традиции заставляют пользоваться формулой Гангюлье-Куттера. Как известно, последняя формула нашла проверку в ряде американских исследований естественных рек и может являться, конечно, более обоснованной для данного случая. Мы провели параллельный подсчет на

целом ряде створов и установили, что расхождения здесь получаются чрезвычайно большие и формула Гангюлье-Куттера дает несравненно лучшие результаты.

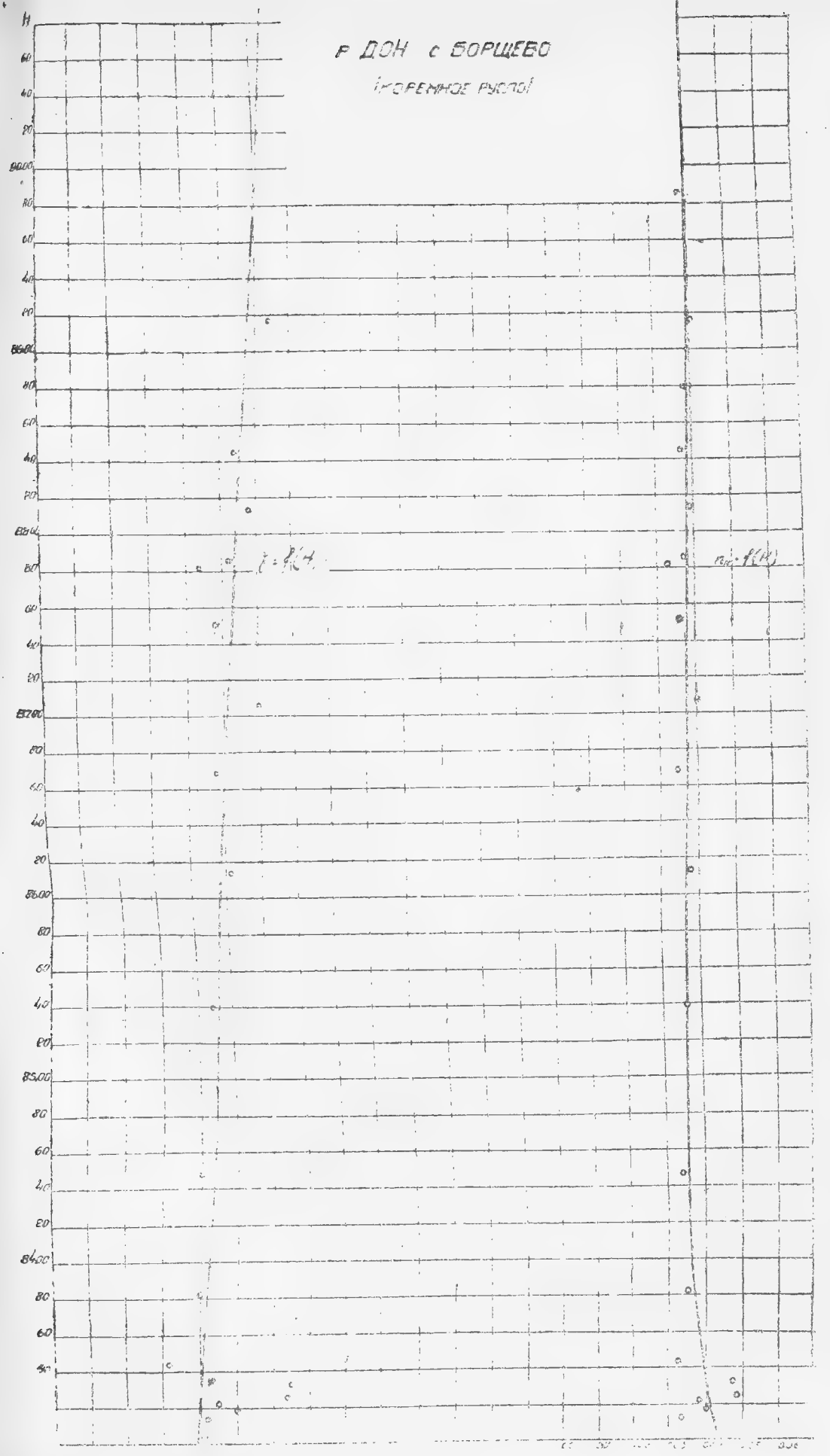
Здесь предложены два графика. Они изображают γ в функции от H и n — в функции от H для двух створов. Это проделано для ряда створов и результаты получились одни и те же. Во всех случаях формула Гангюлье-Куттера дает чрезвычайно устойчивые результаты, и отдельные точки ложатся близко к прямой или кривой (фиг. 1 и 2).

При исследованиях гидрометрических материалов по Волге мы имели очень мало данных об уклонах. У нас нашлось всего около 32 расходов с измеренными уклонами, и по ним выполнены были кривые значений коэффициента шероховатости. В виду недостаточности волжских данных нам пришлось прибегнуть к помощи других материалов, которые имелись в нашем распоряжении, в частности тех, которые получены на основании гидрометрических данных изысканий на Дону и притоках, проведенных в 1927—1932 гг. Эти гидрометрические материалы отличались довольно большой точностью, потому что производили их достаточно квалифицированные работники. Кроме того, особый интерес эти работы представляют в том отношении, что здесь были произведены измерения на поймах, причем определялись довольно точно и уклоны. Небольшой материал по поймам имеется и по Волге (например у Саратова), но с уклоном дело обстоит исключительно неудовлетворительно.

В равнинных реках, — а мы вообще все время будем говорить только о равнинных реках, — исследование уклона представляло чрезвычайно много трудностей, потому что в равнинных условиях чрезвычайно мало падение реки; например, на Волге мы имеем падение всего 4 см на километр, и точно замерить уклон не представляется возможным, учитывая волнение и прочие обстоятельства. Поэтому обычно гидрометры ограничиваются тем, что или формально вписывают неточно измеренный уклон, не придавая ему никакого значения, или совершенно от него отказываются и не измеряют его совсем.

В последнее время такая работа по исследованию уклонов проделана была Нижневолгопроектом. В 1933 г. мы получили довольно точные данные по уклонам, но нам пришлось для этого пользоваться специальной рейкой конструкции Соколова. Обычно, в виду отсутствия этих реек на гидрометрических работах, отказываются от измерения уклона, и гидрометрический материал остается неиспользованным для учета значений коэффициента шероховатости. Всего в нашем распоряжении для подсчета коэффициента шероховатости имелись данные по трем объектам: по Дону натрех створах, по Хопру на трех створах и по Медведице в одном створе. В этих створах замерено было расходов, которые использованы для подсчета коэффициента шероховатости, по руслу 172 и по пойме — 112.

Эти данные, и в особенности последние, представляют для нас чрезвычайно большой интерес.



Фиг. 1.

Значения, которые мы здесь получили, особенно для значения γ по Базену, превосходят те нормы, которые давались до сих пор.

Проектировщик находится обычно под впечатлением тех цифр, которые даются для искусственных каналов. Необходимо принимать значения для γ не по той известной номенклатуре, которая дается в таблице с $\gamma =$ от 0.06 до 1.75, и не следует считать, что значение $\gamma = 1.75$ является предельным для коэффициента шероховатости в условиях соприкосновения с земляным ложем реки.

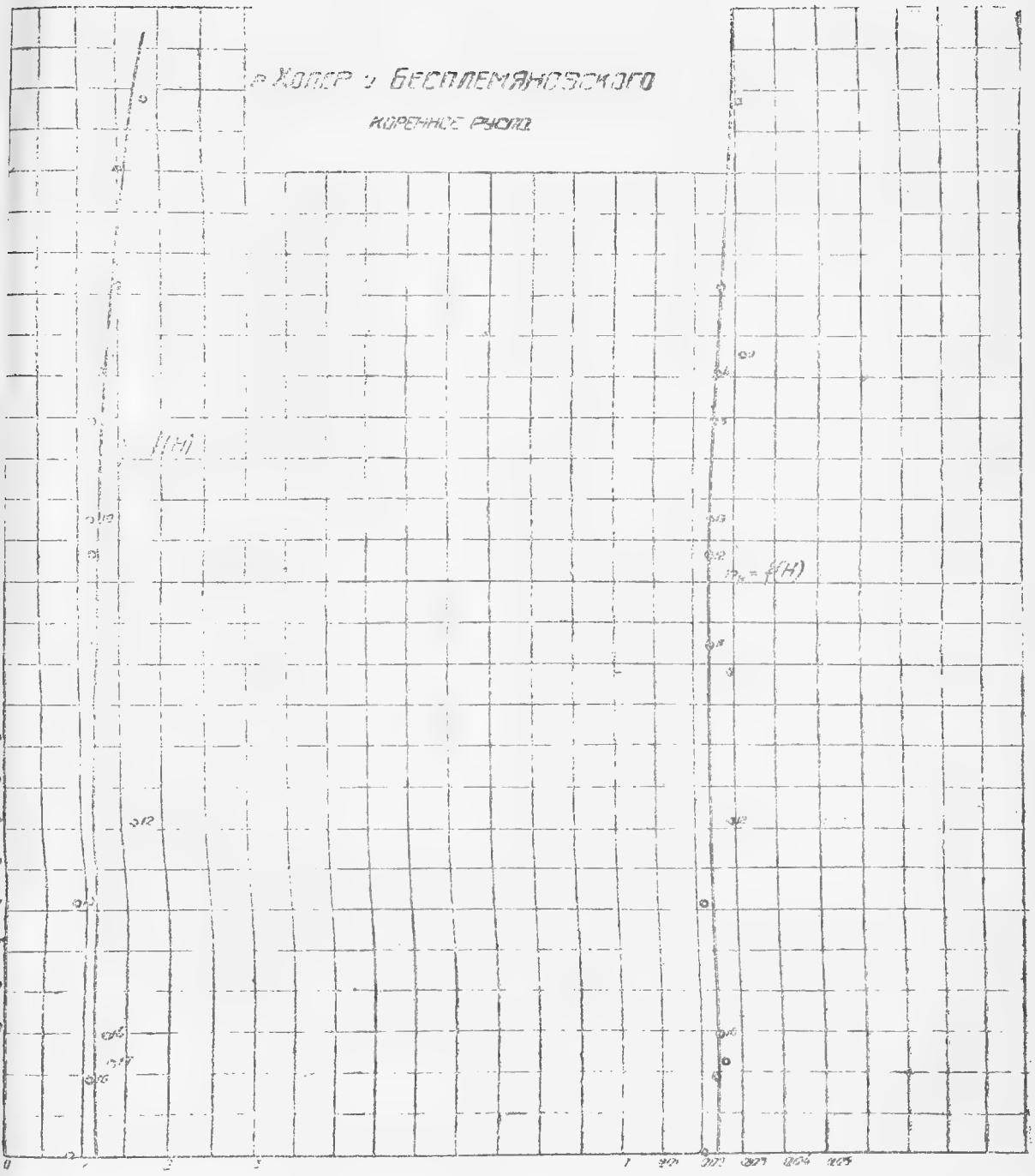
Для естественного русла такого предела нет. Мы в наших исследованиях получали $\gamma = 3—4—5$ и даже 5.5. Я думаю, что и значение $\gamma = 5.5$ не является крайним пределом.

Недавно вышла работа инженера Срибного, в которой собран большой материал по иностранным рекам, а отчасти и по нашим. Но так как работа эта производилась исключительно для расчетов Турксиба и все внимание было уделено горным рекам, то материалы по большим равнинным рекам вошли в незначительном количестве, часть из них сомнительного порядка. В частности, в материалах по Волге указан коэффициент шероховатости $\gamma = 26$. Инж. Срибный считал также, что эти материалы недостаточно точны и дал высший предел для значения γ не 26, а 20.

Но, повидимому, и это значение для поймы слишком преувеличено, так что здесь получилась неправильность в другую сторону — в сторону преувеличенного значения γ, в то время как раньше обычно преуменьшали значение γ.

В отношении естественных русел данные Кинга и Хортона, с нашей точки зрения, более соответствуют в действительности и тем выводам, которые получены нами в результате обработки донского материала. При исследовании русел нами впервые было обращено внимание на следующее обстоятельство: там, где мы встречались с руслами исключительно переменными, исключительно подверженными большим переформированиям, — мы получали большие значения коэффициента шероховатости. Косвенные подтверждения этому мы нашли у Шоклича. На этом основании нами и была высказана мысль, что условия шероховатости связаны с донным влечением. В литературе мы нашли еще одно подтверждение: оно есть в работе Якушева, где он ссылается на материалы по Аму-дарье в Сыр-дарье. Кроме того, нами проанализированы материалы по Нижнему Тереку, которые подтверждают эту мысль. Говоря о равнинных реках, может, быть на эту реку не следует ссылаться, но речь идет о Нижнем Тереке, а он в низовьях имеет исключительно равнинный характер как по состоянию своего песчаного русла, так и по уклонам. Таким образом, мы считаем, что величина донного влечения влияет на коэффициент шероховатости в сторону увеличения значения последнего.

Представленная здесь нами таблица предусматривает коэффициенты шероховатости русел и их пойм. В некоторых случаях на пойме могут быть получены значения меньшие, чем в песчаном русле. Здесь в таблице значения коэффициента шероховатости объединены по всем 3 формулам: Базена, Гангюлье-Куттера и Маннинга.



Фиг. 2.

Здесь у нас не указаны тесные рамки, а даны указания в пределах от и до, так как в оценке значений коэффициента шероховатости есть много неопределенностей. Неопределенность значения в русле заключается в том явлении, на которое мы указывали, это — донное влечение.

В пойме шероховатости изменяются от состояния растительности. Так, например, состояние кустарников весной (без листьев) и летом

различно, и шероховатость во втором случае будет большей. Поэтому можно давать только такую градацию — от и до.

Переходя к принятым для проекта Нижней Волги значениям коэффициента шероховатости, обратимся к графикам.

Здесь приведены[1] данные по Маннингу, а также значения по Гангюлье-Куттеру. Первые более удобны, когда мы должны экстраполировать их вверх. Маннинг в этом случае дает несколько более устойчивые результаты, поэтому экстраполяция вверх кривых $n_m = f(Q)$ представляется более удобной, чем кривых $n_k = f(Q)$.

Приведенные параллели между значениями коэффициента шероховатости по трем формулам не совсем точны. Это зависит от того, какие значения гидравлических радиусов и уклонов приняты в такой параллели. Соотношения, представленные здесь, могут быть справедливы для волжских условий, т. е. очень больших радиусов и малых уклонов.

И, наконец, последний вопрос: относительно значения коэффициента шероховатости в условиях подпора. В литературе имеются указания, что на Волхове коэффициент шероховатости в естественных условиях был 3.7, а в условиях подпора коэффициент уменьшился до 0.37. Здесь что-то не так. Вряд ли он мог уменьшаться в 10 раз, но во всяком случае какое-то уменьшение, видимо, должно иметь место. Мы в запас расчета принимали то же самое значение коэффициента шероховатости, что и в естественных условиях. В дальнейшем это можно уточнить, но можно уточнить только путем исследования кривых подпора в натуре; в частности, на Днепре можно было бы это проверить. Это в нашу программу внесено.

В заключение отмечу, что на основании подсчетов 340 коэффициентов может быть составлена нижеследующая таблица, отражающая полученные данные:

№№ по пор.	Характеристика русла равнинных рек	Коэффициент шероховатости		
		по Базену	n_k — по Гангюлье-Куттеру	n_m — по Маннингу
1	Русло песчаное, ровное, без растительности, с незначительным влечением донных наносов	1.00—1.50	0.022—0.025	0.020—0.023
2	Русло песчаное, неровное, извилистое, с большими перемещениями донных масс. Пойма покрыта лугом без кустарников	1.50—2.50	0.025—0.040	0.023—0.033
3	Пойма, покрытая кустарником или редким лесом	2.5 —4.0	0.040—0.055	0.033—0.045
4	Пойма, покрытая лесом	4.0 —5.5	0.055—0.070	0.045—0.060

[1] Графики эти автором доклада к исправленной стенограмме не приложены.

ПРЕНИЯ

Инж. Травкин. Изучение коэффициента шероховатости в естественных условиях реки имеет большое значение в том случае, если это изучение тесно связано с будущим режимом реки после возведения гидротехнических сооружений. Если же этой увязки не имеется, то строители могут иметь большие погрешности в сторону запаса, так как река в естественных условиях имеет перекаты, пороги, суженные участки и пр. На всех этих участках коэффициент шероховатости возрастает, а наравне с коэффициентом шероховатости возрастает и сбойность течения, непараллельность струи и т. д. После возведения сооружения и создания подпора все эти явления резко изменяются, и потери напора уменьшаются.

Всем известно, что Волхов до возведения плотины имел много перекатов и суженных течений; на протяжении 10 км мы имели падение до 10 м, и тут, если можно так выразиться, был своего рода гаситель энергии. Поэтому в натуре Волхов имел большой коэффициент шероховатости, большое сопротивление. Когда же подняли подпор, этот гаситель исчез, а кроме того исчезли и те перекаты и перевалы, которые Волхов имел выше этих порогов.

Теперь я хотел бы высказать пожелание о необходимости начать более глубокое изучение коэффициентов шероховатости на водотоках, имеющих пороги или суженные участки, — в особенности каменистые, скальные, валунные и т. д. участки, где коэффициент шероховатости весьма высок. Это имеет большое практическое значение, ибо часто приходится, не зная подлинных коэффициентов шероховатости, или итти на явно преувеличенные запасы в отношении будущих выемок или высоты подпора, или же итти на рискованное решение, в то время как провести указанные опыты сравнительно нетрудно, и постановка подобных опытов необходима, если принять во внимание колоссальное теоретическое и практическое их значение.

Проф. Рахманов. Тема доклада Б. В. Полякова имеет большое значение для гидротехнического строительства и, в частности, для строительства на Волге.

Однако, я здесь должен отметить одно обстоятельство, с которым я не совсем согласен. Когда Б. В. Поляков говорит о подсчитанных им коэффициентах шероховатости для Волги, то он как будто придает этим коэффициентам довольно большое значение. Мне же кажется, что те цифры, которые получены для Волги, вследствие того, что Б. В. Поляков пользовался соединенными уклонами на протяжении нескольких десятков километров, не дает возможности сделать сколько-нибудь точные выводы, потому что на протяжении нескольких десятков километров мы обычно имеем как плёсовые, так и перекатные участки. Если мы отнесем наши вычисления к поперечнику, взятому на плёсе, то мы получим один результатат, а при поперечнике, взятом на перекате, результат получится совершенно иной, в особенности для межени. С этим приходилось мне встречаться на Средней Волге и

на Нижней Волге. В частности, такие результаты были получены близ Сталинграда.

Вообще же материалы по коэффициенту шероховатости, представленные докладчиком, производят впечатление результатов весьма тщательно поставленной работы. Если эти материалы базируются главным образом на данных для Дона, они несомненно будут иметь весьма большое значение для производственных организаций.

Переходя к вопросу о формулах для определения коэффициента Шези, которые здесь упоминались, я с большим удовлетворением констатирую тот факт, что для Дона и Нижней Волги полностью подтвердились те данные, которые мною были получены на Свири, на Неве, на Волге и на некоторых других менее мощных потоках и которые привели меня к выводу, что формула Базена совершенно неудовлетворительна для потоков с достаточно большими глубинами. Лучшие результаты дает полная формула Гангюлье-Куттера. Однако, если мы сопоставим формулу Гангюлье-Куттера с показательными формулами, хотя бы с формулой Маннинга, то в среднем мы получаем несколько лучшие результаты по Маннингу.

В заключение перехожу к последнему вопросу об изменении коэффициентов шероховатости при подпоре уровня воды Волховской плотиной. Несомненно после подпора некоторое изменение коэффициентов должно было произойти благодаря тому обстоятельству, на которое уже обратил внимание выступавший передо мной товарищ. Однако, с другой стороны, Волховские данные, в особенности около самой плотины, действительно не очень достоверны. Мы здесь имеем дело с небольшими падениями, и трудно ручаться, что уклон подсчитан совершенно точно. Поэтому полученные весьма малые значения коэффициентов шероховатости около плотины я объясняю ненадежностью исходного материала.

Инж. Бобин. Я хотел заметить следующее. Для определения коэффициента шероховатости более правильно было бы ориентироваться на общепоказательную формулу, которая была дана и для которой были указаны определенные значения в известных пределах акад. Н. Н. Павловским. Если мы напишем эту формулу, имеющую вид

$$C = \frac{1}{n} R^y,$$

то отсюда

$$n = \frac{R^y}{C},$$

где $y = f(R,n)$, т. е. имеет переменные значения, с довольно широкими пределами изменения в зависимости от шероховатости и отчасти — от гидравлического радиуса, почему и не следовало бы принимать, что $y = \text{const}$, как, например, делает Маннинг, Форхеймер и др.

Председатель. Хотелось бы знать мнение докладчика по поводу коэффициентов Хортона, которые даны в книге Кинга. Докладчик указывает, что они, с его точки зрения, являются достаточно приемлемыми; я держусь того же мнения, но желательно

выслушать соображения по поводу того, что Хортон дает свои цифры для четырех категорий: самая лучшая, хорошая, средняя и плохая.

Затем, как понять тезис докладчика под № 7 о том, что оценка состояния русла является субъективной, а потому для определения величины C необходима постановка исследований в натуре. Когда такие исследования для некоторых рек будут поставлены, то все-таки некоторая субъективность для других рек еще не прекратится, потому что каждая река имеет свои индивидуальные черты. Поэтому мне в такой редакции несколько неясен тезис № 7.

Далее отмечу, что «общие таблицы» коэффициентов n и γ, конечно, совершенно недостаточны для характеристики всего диапазона разного рода естественных водотоков, — эта цель и не имелась в виду ни Базеном, ни Гангюлье-Куттером. Эти исследователи закончили свои таблицы на некоторых значениях коэффициентов шероховатости отнюдь не потому, что считали эти значения предельно наибольшими, а потому, что вообще дальше не располагали достаточным опытным материалом. Поэтому, если при практических расчетах иногда некоторые инженеры и считали значения $\gamma = 1.75$ и $n = 0.035—0.040$ наибольшими для естественных водотоков, то названные авторы знаменитых формул за это никоим образом не несут ответственности, да и во всей гидротехнической литературе нельзя найти указаний на то, что помещенные в «общих таблицах» к формулам Базена и Гангюлье-Куттера наибольшие значения коэффициентов шероховатости являются «предельными»; наоборот, уже давно в гидротехнической литературе приводились примеры наблюденных коэффициентов шероховатости, которые значительно превосходят наибольшие величины «общих таблиц».

Поскольку при рассмотрении течения в естественных водотоках применяется формула Шези, я считаю наиболее приемлемой формулой для коэффициента C формулу Гангюлье-Куттера; наряду с ней можно, как и для каналов, применять данную мною показательную формулу

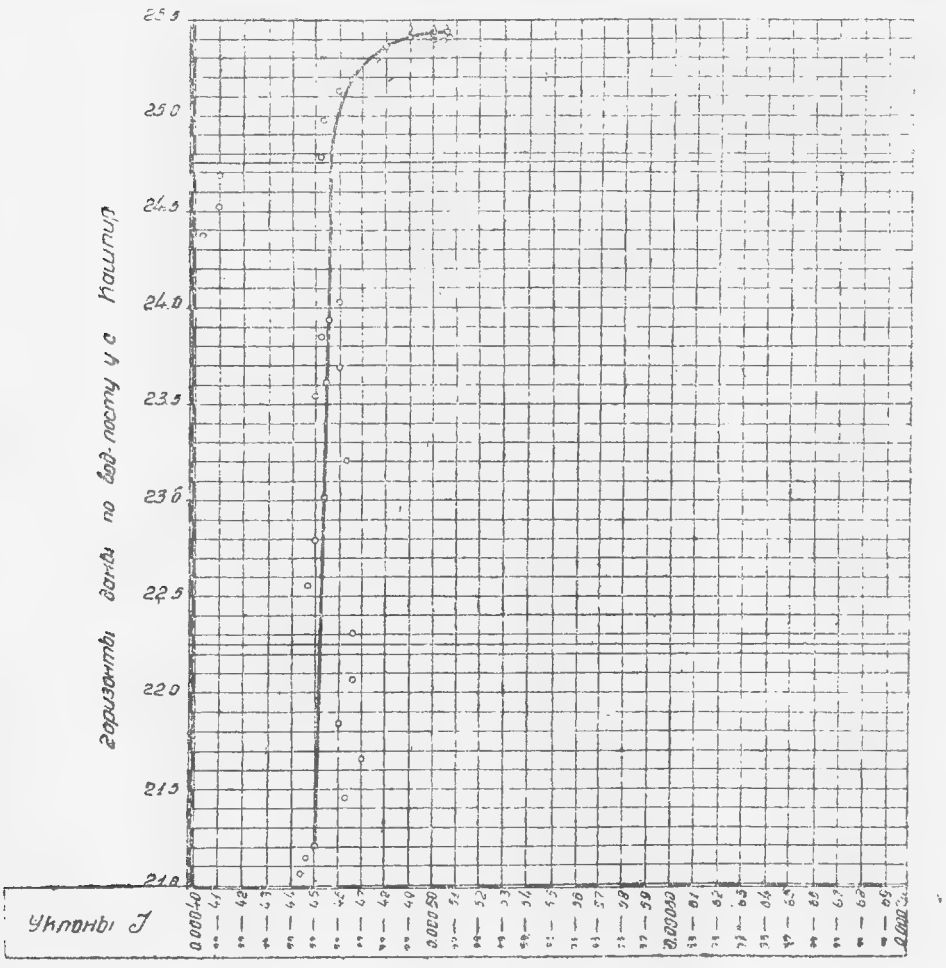
$$C = \frac{1}{n} R^y,$$

однако, лишь при гидравлическом радиусе R не более 3.0 м и при коэффициенте шероховатости n не более 0.035—0.040, так как эти значения являются предельными в том опытном материале, которым я располагал при разработке указанной формулы.

Отмечу, что для естественных русел вполне возможно встретить значения $y = \frac{1}{3}$ и даже $y = \frac{1}{2}$. В связи с этим я полагаю, что формулы Маннинга и Форхеймера вообще не могут быть рекомендованы для естественных водотоков, так как, в виду встречаемой обычно значительной шероховатости таких водотоков, величины показателя y для них вообще заведомо превышают $^1/_6$ и $^1/_5$. Если эти формулы (особенно формула Маннинга) иногда применяются к естественным руслам,—что, конечно, делается в порядке «экстраполяции», — то полагаю, что такая экстраполяция для естественных русел возможна и по моей показательной формуле при $R > 3.0$ м и $n > 0.040$ и даже с несколько большим

основанием, чем по формулам Маннинга и Форхеймера, но нельзя при этом забывать об известной «условности» такого расчетного приема. Слово имеет инж. Б. В. Поляков.

Б. В. Поляков (*заключительное слово*). Что касается коэффициента шероховатости на порогах, то этим вопросом я не занимался, потому что в мою тему по Нижней Волге входили только равнинные реки.



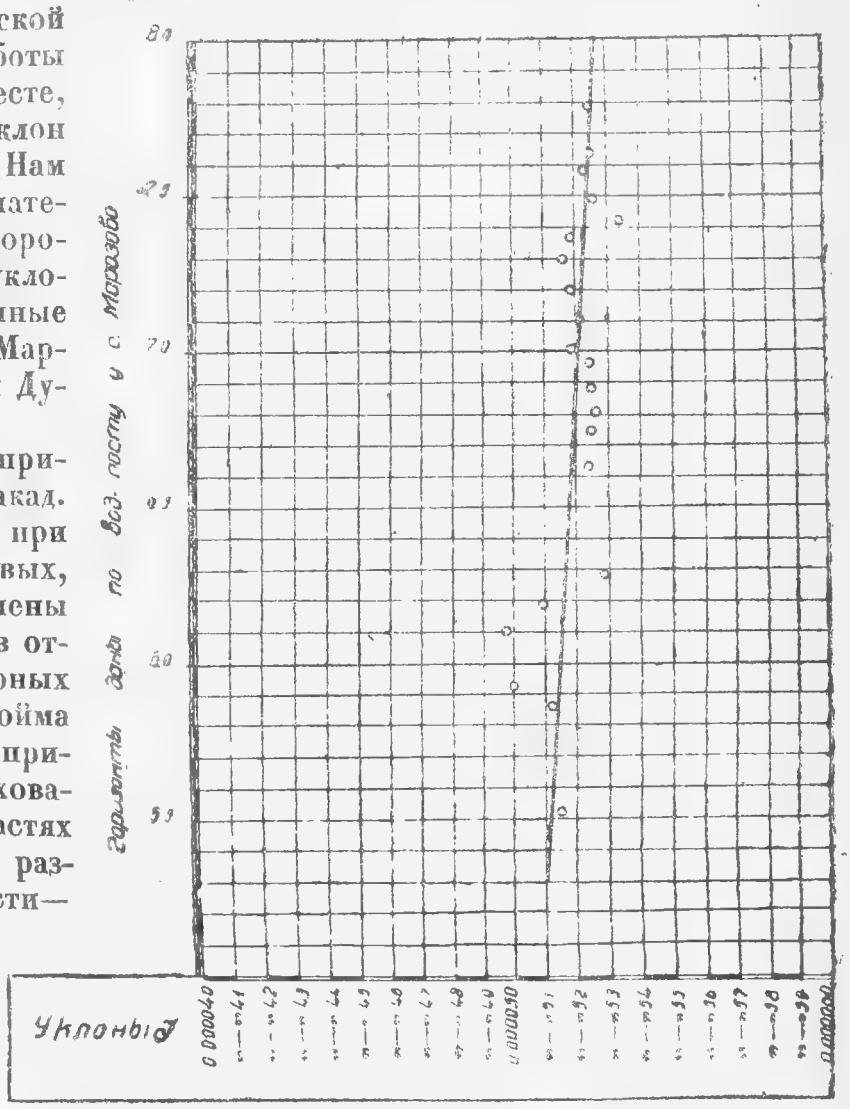
Фиг. 3.

Теперь относительно уклона. В широком створе для учета падения исследования производились по водомерным постам, расположенным на протяжении около 2 км; так как здесь падение 10 см на км, то можно было пользоваться не прецизионными рейками, а обычными, и получалась достаточная точность.

У нас были проделаны (фиг. 3—4) специальные исследования над уклоном, и мы пришли к убеждению, что уклоны Нижней Волги весьма постоянны, колебания падения происходят только около 4 см, и в период исследования в разных створах были отмечены в пределах от 3.5 до 5.0 см; на подъемах падение немного больше. На других реках уклоны сильно меняются, принимая иногда странный вид (фиг. 5).

Объясняется это только тем, что здесь с 1 по 8 апреля был ледоход, и поэтому мы имеем такой переменный уклон. Но на Волге, таких картин нет. Правда, 1933 год был исключительно низкий год.

Наши расхождения с т. Срибным в том, что он пользовался неверными данными, он и сам этого не отрицает. В частности, при подсчете коэффициента шероховатости он взял данные из Управления Саратово-Миллеровской ж. д., причем работы велись в одном месте, створы в другом, а уклон был взят в третьем. Нам сильно помогли материалы Соколова хорошими данными об уклонах. Мы имели данные по трем створам — Марксштадт, Жигули и Дубровка.



Фиг. 4.

Что касается применения формулы акад. Н. Н. Павловского при экстраполяции кривых, то у нас определены расходы в русле и в отдельных характерных участках поймы. Пойма делилась на части, причем условия шероховатости во всех частях были совершенно различны: в одной части — густой лес, в другой части — озеро, заросшее камышом, и в третьей части — редкий лес и кустарник. Пользуясь этими данными, мы и хотели применить формулу акад. Павловского, но, к сожалению, не располагали временем и поэтому применили такой метод: сразу брали средний расход и живые сечения, выводили средние арифметические скорости и получили довольно устойчивое значение определенного для всего живого сечения коэффициента шероховатости. Здесь приведены обобщенные кривые коэффициента шероховатости по данным на Дону (см. фиг. 1—2). На Волге осредненный коэффициент шероховатости имеет тенденцию с повышением горизонта все время уменьшаться. Это обусловливается тем, что на Волге мы имеем

чрезвычайно большое донное влечение, и затем при затоплении шероховатость поймы при больших глубинах относительно небольшая по сравнению с Доном. Это приводит к тому, что все-таки с повышением горизонта общая средняя шероховатость Волги несколько уменьшается.

Какая же расчетная формула лучше? Я предполагаю, что будущее принадлежит главным образом показательным формулам. Я применял здесь самую простую формулу, формулу Маннинга, но считаю, что это не есть совершенство и нужно включить еще некоторые элементы, о которых я говорил, в первую очередь донное влечение.

Относительно значений Хортона. Меня все время самого смущало это деление на четыре категории. Поэтому я и говорю, что оценка субъективна: неясно, что можно назвать хорошим руслом. Если до этого вы видели плохое русло, то другое русло может на вас произвести хорошее впечатление, поэтому я считаю, что от такой классификации в дальнейшем нужно отказаться и лучше давать несколько расширенные значения коэффициента шероховатости. Как же в конце концов поступить, если оценка субъективна? Я считаю, что для предварительных расчетов можно пользоваться табличным материалом, и только когда начнется постройка, нужно начинать специальные исследования. Все большие строительства — и Волхов, и Свирь, и Турксиб вели такие исследования. Табличные же данные могут быть только ориентировочными.

Председатель. В вопросе о коэффициентах шероховатости в настоящее время весьма важно, чтобы имеющаяся систематическая шкала их была продолжена для естественных русел в области более высоких значений коэффициентов шероховатости; это имеет большое значение и для пойм. В этом отношении заслушанный доклад дает результаты тщательно проведенных наблюдений для некоторых равнинных рек и их пойм.

Далее, следует отметить, что заслушанный доклад характеризует формулу Базена, как менее пригодную для естественных русел, чем формула Гангюлье-Куттера или показательные формулы. Что же касается выбора показательной формулы для таких русел, то доклад не заключает в себе данных по этому вопросу, что, впрочем, и не имелось в виду докладчиком.

(*Заключительное слово Председателя принимается как мнение Секции по докладу инж. Полякова*).

(*Заседание закрывается*).

КРИВЫЕ Q, Г, V, J

Тр. Нижнедонской сессии

Фиг. 3.

СЕКЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

ЗАСЕДАНИЕ 29 НОЯБРЯ 1933 года

Председательствуют акад. Н. Н. Павловский и акад. Б. Е. Веденеев.

Председатель (акад. Н. Н. Павловский). Разрешите открыть заседание Секции гидротехнических сооружений. На повестке первым стоит доклад акад. А. А. Байкова «Выбор цементов, обеспечивающих сохранность гидротехнических сооружений в условиях Волго-Каспия».

Акад. А. А. БАЙКОВ

ВЫБОР ЦЕМЕНТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СОХРАННОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЛГО-КАСПИЯ

Содержание моего доклада довольно подробно и полно изложено в тех тезисах, которые напечатаны в программе занятий настоящей сессии Академии Наук. В них я достаточно подробно выяснил сущность тех вопросов, которые определяются темой моего доклада, поэтому разрешите мне в самом докладе не входить в подробности, а остановиться только на тех мыслях, которые положены в его основание, и на некоторых конкретных демонстрациях, которыми эти соображения подтверждаются.

Основная мысль, которую я провожу в этом докладе, заключается в следующем.

Портланд-цемент считается среди широких кругов строителей лучшим строительным материалом для гидротехнических сооружений; этот взгляд имеет чрезвычайно широкое распространение. По существу это положение является совершенно неправильным и ошибочным, и мы можем прямо сказать, что портланд-цемент является совершенно непригодным для гидротехнических сооружений. Вот та основная мысль, которая здесь у меня и проводится.

Действительно, если мы рассмотрим более внимательно и подробно и на протяжении достаточного периода времени историю различного рода гидротехнических сооружений, находящихся под водою, то мы увидим, что самые разнообразные воды оказывают весьма

вредное, разрушающее действие на портланд-цемент. Если мы возьмем чистую дистиллированную воду, то увидим, что и она является гибельной для портланд-цемента.

Несколько лет тому назад во Франции были произведены очень обстоятельные опыты, которые заключались в том, что бетоны, сделанные из портланд-цемента, подвергались в продолжение года действию чистой дистиллированной воды, получавшейся из паровых котлов, и по истечении этого времени эти образцы оказались чрезвычайно сильно поврежденными. Затем я могу указать на то, что чистые мягкие воды, которые почти совершенно не содержат минеральных примесей, а только заключают в себе некоторое количество органических примесей (например невская вода), точно так же оказывают очень неблагоприятное действие на портланд-цемент. 20 лет назад, в связи с предположениями об устройстве ленинградского водопровода из Ладожского озера, были начаты некоторые подготовительные работы и изыскания. Тогда, в 1913 г., по течению Невы выше Ленинграда, в грунтовую воду были заложены железобетонные плиты и бетоны в форме кубиков размером 10×10. В прошлом (1932) г. они были извлечены в сильно поврежденном состоянии: углы были совершенно разъедены, поверхность была вся изъедена, и, иначе говоря, они оказались в таком состоянии, что проектировщики ладожского водопровода пришли к заключению о невозможности делать в условиях нашего района трубы для водопровода из бетона на портланд-цементе.

Это пример очень интересный, потому что там был точно известен цемент, употребленный для этих плит, и консистенция состава раствора; также было точно известно время укладки и время пребывания этих плит. Девятнадцати лет оказалось достаточным для того, чтобы произвести такие сильные разрушения в этих бетонах.

Затем я могу привести целый ряд очень поучительных примеров того, как более минерализованные воды влияют на бетон из портланд-цемента.

В этом отношении я имею весьма большой материал, собранный мною в течение 30 лет при обследовании портов наших морей: Каспийского, соленость которого менее 1% (от 0.5% до 0.8%), и Черного моря, соленость которого около 2%. Оказалось, что во всех случаях бетоны и различного рода изделия и сооружения из портланд-цемента подвергаются значительным разрушениям. Так, например, в Новороссийском порту мы вынимали массивы, которые были опущены лет 15 перед этим в воду, и когда эти массивы были разбиты на части, оказалось, что внутри часть их почти совершенно не содержала раствора, там оставалась одна щебенка, а вместо раствора были или пустоты, каверны, или бесформенная илистая масса.

Эти наблюдения были интересны еще и потому, что и дефекты массивов были обнаружены мною совместно с тем самым инженером-строителем, который строил этот порт и который спускал эти бетоны в море. Это покойный проф. Чарномский, который много занимался этими вопросами.

В Феодосии в 1892 г., при постройке порта, был опущен ряд массивов, сделанных из портланд-цемента Новороссийского завода.

Через 10 лет эти массивы пришли в такое состояние, что их необходимо было ремонтировать. Значительное количество их было вынуто на берег, и оказалось, что из десяти массивов только один можно было оставить без всякого ремонта, остальные девять требовали капитального ремонта.

Этот капитальный ремонт заключался в том, что отбивались все пострадавшие части и воспроизводились вновь, причем это отбитие доходило до 50%, т. е. из массива приходилось половину отбрасывать и строить заново. Года через четыре мне пришлось опять быть в Феодосии, мы снова вынимали из воды некоторые массивы, которые все оказывались в плохом состоянии. Связанность была ослаблена, они легко разбивались на части, и внутри находились каверны, наполненные большим количеством магнезиальных осадков, что является результатом действия морской воды на цемент.

В Ялте нам пришлось поднять большой массив, почти 12 м³, который пролежал 18 лет на глубине 4—5 м в совершенно спокойном месте. Когда мы его стали поднимать, то одна треть его обвалилась, и на поверхность мы могли вытащить только верхние две трети, причем они оказались в очень плохом состоянии, легко разваливались, и внутри были найдены многочисленные следы далеко зашедшего разрушения.

Если мы обратимся к еще более минерализованным водам, которые могут иметь место в солончаковых районах, то там эти процессы разрушения под влиянием естественных грунтовых вод достигают уже чрезвычайно значительных размеров и приводят к катастрофическим явлениям в самый короткий промежуток времени.

Таких примеров можно было бы привести еще очень много. Я говорю о тех, которые я сам видел и изучал. Если взять литературу по этому вопросу, то она даст нам неизмеримо более значительный материал, чем тот, который я вам здесь приводил. Отсюда совершенно ясно, что общепринятое мнение о том, что портландский цемент является прекрасным материалом для возведения гидротехнических сооружений, совершенно неправильно. Надо сказать, что портландский цемент совершенно не пригоден для этого, в особенности если мы имеем дело с минерализованными водами, или с такими сооружениями, которые находятся под односторонним гидростатическим давлением, где процессы фильтрации, которые являются главными причинами, производящими эти разрушения, могут происходить в сильной степени.

Если проанализировать весь материал, который имеется, то можно сказать, что только один род вод является менее опасным — это воды, которые являются сильно жесткими, но обладают непостоянной жесткостью. Их жесткость определяется растворенным углекислым кальцием, т. е. вода с известным содержанием углекислоты, насыщенная углекислым кальцием, является для портланд-цемента не опасной.

Правда, такие воды имеют довольно широкое распространение и очень часто нам приходится иметь дело именно с такими водами. И в них сооружения из портланд-цемента могут сохраняться довольно продолжительное время и даже, в силу естественных процессов, которые совершаются в этих водах в природе, такие сооружения иногда сохраняются неопределенное время. Но как только переходим к условиям иного рода, то мы всегда должны иметь опасение, что сооружения из портланд-цемента окажутся совершенно неустойчивыми.

Беда заключается в том, что обыкновенно эти разрушения в значительной степени проявляются по истечении большого числа лет. В первые годы они не сказываются — их не замечают. Поэтому, после того как постройка сделана, сдана, принята,—все успокаиваются— и строители и приемщики. Последствия приходится испытывать третьим лицам, которые и не строили и не принимали, но которым приходится вести эксплоатацию этих сооружений. Поэтому строители, которые строят, но не эксплоатируют, скептически относятся к заявлениям, которые я делаю в настоящее время.

Конечно было бы очень печально, если бы из этого положения не было выхода.

По счастью, однако, мы имеем простой и определенный выход, совершенно гарантирующий сохранность сооружения в таких условиях, это — применение не портланд-цемента, а пуццоланового портланд-цемента, т. е. выходом из положения является употребление таких цементов, которые получаются благодаря смешению хорошего портланд-цемента с надлежащими гидравлическими добавками. Эти гидравлические добавки должны быть совершенно определенного, точно установленного происхождения. Тогда, применяя их надлежащим образом и в соответствующем количестве, мы полностью обеспечиваем сохранность сооружений в подобных случаях. По крайней мере мы можем утверждать, что употребление пуццоланового цемента вполне гарантирует сохранность на неопределенное время сооружений в обыкновенной пресной воде, минерализованной гипсовой воде и в сильно солончаковой воде, где главными солями является тот же гипс и сернокислый натрий, количество которого в воде может доходить до 10%.

В этих разнообразных случаях, которые имеют чрезвычайно широкое распространение во многих районах и у нас в Союзе, мы можем с полной уверенностью утверждать, что применение подобного рода сложных комбинированных цементов дает вполне благоприятные результаты, обеспечивающие сохранность сооружений на многие десятки лет.

Хотя этот вопрос в надлежащей мере был освещен уже 30 лет тому назад, но самые материалы, которые могли для этого послужить, имели ограниченное распространение. Это были итальянские пуццоланы, андернахский трасс, сантаринская земля. Вот эти три пункта, откуда можно было получать материалы для такого рода комбинированных цементов.

Когда этот вопрос стал приобретать все большее и большее значение, на него было обращено серьезное внимание, и тогда начались изыскания этого рода материалов и у нас.

Эти изыскания особенно интенсивно и с успешностью пошли после Октябрьской революции, и в настоящее время мы уже можем с уверенностью сказать, что, благодаря исследованиям наших научных работников, мы имеем ряд совершенно безукоризненных, первоклассных материалов, которые нисколько не уступают материалам заграничным, т. е. пуццоланам и трассам, и которые вполне гарантируют возможность составления таких цементов.

Такого рода материалы нашими заводами уже изготовляются, применяются в строительной практике и показали свои превосходные качества.

Из таких материалов я в особенности хочу отметить карадагский трасс, который добывается возле Коктебеля, из «Святой горы», вершина которой представляет купол, состоящий из трасса. Этот материал в измельченном виде является гидравлической добавкой первоклассного качества. Такого рода материал применяется с большим успехом на Новороссийском заводе для приготовления трассового портланд-цемента, который испытан в целом ряде сооружений, между прочим при ремонте бакинского водопровода и при постройке бакинской канализации.

Второй материал, на который нам также следует обратить внимание, представляет собою кремнеземистую массу, главным образом биологического происхождения. Сюда относятся материалы, которые носят название инфузорной земли, диатомитов и т. д. Из этого рода материалов в особенности хорошо были изучены материалы брянские возле Брянского завода, где на цементном заводе им. Воровского эти материалы с большим успехом применяются для получения комбинированного цемента.

Для этой цели могут служить и некоторые искуственные материалы, так, например, Si-Stoff, который добывается в Ленинграде на химическом заводе как отброс одного из химических производств при обработке каолина для получения сернокислого алюминия. Тогда получаются кремнеземистые отбросы, обладающие такими же свойствами. Затем следует отметить, что мы имеем целый ряд естественных месторождений вулканического характера, которые дают нам материал, подобный карадагскому трассу (они в особенности распространены в Закавказьи, где целый ряд месторождений уже исследован в этом отношении и дал хорошие результаты).

Далее у нас имеется целый ряд месторождений, подобных брянским трепелам, например, на Урале, по Волге, в районе Вольска и т. д. Эти материалы позволяют изготовлять портланд-цементы, дающие возможность гарантировать прочность и устойчивость сооружений во всех таких условиях, в которых обычно портланд-цементы являются совершенно неприменимыми.

Чтобы дать вам некоторое представление об этом материале, я приведу данные, относящиеся к Новороссийскому трассовому порт-

ланд-цементу заводского изготовления, который уже испытан. И для характеристики его строительных свойств я приведу те данные, которые могут характеризовать его как цемент.

Эти данные представлены в нижеследующей таблице.

Таблица 1

Химический анализ

№№	13	6	30	2	5	22	29
Потеря при прокаливании	1.23	1.79	1.26	2.92	—	5.77	3.98
SiO_2	23.13	22.84	25.40	20.80	29.34	49.79	37.83
Al_2O_3	4.10	5.57	7.75	7.05	9.36	6.21	7.29
Fe_2O_3	2.17	2.33		2.86	3.70		
CaO	67.27	64.27	63.12	62.11	54.58	35.15	49.52
MgO	0.72	1.29	1.09	0.70	1.21	0.52	0.79
SO_3	1.45	1.26	1.14	2.21	1.00	2.18	0.98

Механические испытания

№№	13	6	30	2	5	22	29
а) Образцы из чистого цемента на растяжение кг/см²							
2 суток	37.2	30.3	26.9	32.1	25.4	17.1	3.1
7 суток	72.2	52.2	50.6	43.4	42.4	30.7	19.8
28 суток	67.9	60.4	52.9	45.0	57.9	43.3	32.6
б) Образцы из раствора 1 : 3 на растяжение кг/см²							
2 суток	14.0	7.3	6.6	10.3	4.3	8.2	1.2
7 суток	24.5	16.3	14.1	15.1	10.3	14.7	7.0
28 суток	23.8	16.7	18.3	16.5	14.8	17.8	12.6
в) Образцы из раствора 1 : 3 на сжатие в кг/см²							
28 суток	471	325	242	181	185	369	182

Таким образом этот материал, хотя в нем находится приблизительно половина гидравлической добавки, обладает свойствами первоклассного вяжущего материала — цемента. Что же касается его устойчивости по отношению к действию различных природных вод, то в этом отношении я опять-таки могу привести целый ряд данных, которые будут полностью иллюстрировать справедливость моих утверждений.

Мною были произведены систематические исследования целого ряда различных цементов сравнительно с пуццолановыми портландцементами, в качестве которых я взял новороссийский трассовый портланд-цемент и брянский трепельный портланд-цемент. Образцы этих цементов, как в виде чистых растворов, так и в смеси с песком, подвергались действию растворов сернокислых солей, которые чаще встречаются в природе: сернокислого кальция, т. е. гипса и сернокислого натрия. При этом были взяты растворы различной концентрации. Для гипса нельзя было взять очень большой концентрации, но для сернонатриевой соли я брал довольно значительную концентрацию — до 10%, исходя из того, что в природе мы встречаем такие воды, как, например, по берегам Каспийского моря (где я встречал грунтовые воды с содержанием до 10% сернокислого натрия). Действию таких растворов подвергались образцы различных цементов. Я взял четыре портланд-цемента различного состава для того чтобы иметь известное разнообразие в их свойствах, шлако-портланд-цемент, два пуццолановых портланд-цемента — новороссийский трассовый портланд-цемент и брянский трепельный. И оказалось следующее. Уже по истечении нескольких месяцев все образцы в крепких растворах сернокислого натрия полностью развалились, только два образца, а именно трассовый новороссийский и трепельный брянский, оказались совершенно неприкосновенными. Когда затем эти опыты были продолжены дальше, то происходили разрушения и в более слабых растворах. Разрушения происходили и в гипсовых растворах. Испытание это продолжается почти четыре года; оказывается, что все цементы подвергаются разрушительному действию как сернокислого натрия, так и гипса, за исключением двух цементов — пуццоланового цемента новороссийского на трассе Карадага и брянского на трепеле, которые ни малейших признаков разрушения не обнаружили.

Здесь на экране представлены снимки с образцов, погруженных в растворы. Видно, что произошло через 7—8 месяцев после того, как цемент подвергся действию раствора. Эти восьмерки превратились в совершенно бесформенную груду; они не подвергались никаким нагрузкам, никаким напряжениям, на них действовал только раствор сернокислого натрия; далее изображен обычный новороссийский цемент, и на нем через несколько месяцев обнаружились разрушения.

На снимках, на которых представлены трассовый цемент и брянский трепельный, видно, что они ни малейшему разрушению не подвергались.

Все это показывает, что мы т. е. те, которые этим вопросом занимались в продолжение 15—20 лет, а именно: чл.-корр. Академии

Наук проф. С. И. Дружинин, проф. В. А. Кинд и я, — мы не только указываем на непригодность обычных портланд-цементов, но и даем средство для борьбы, и я смею думать, что средство является верным, гарантирующим сохранность гидротехнических сооружений.

Должен сказать, что С. И. Дружининым было проведено изучение механических свойств этих материалов в грандиозном масштабе. Свыше 10000 образцов было подвергнуто исследованию и на основании этих исследований, а также химических и физических, мы теперь можем действительно указывать, что этого рода материалы являются вполне надежными; и действительно, на практике эти материалы нашли свое применение и полностью себя оправдали.

Заканчивая свой доклад, я думаю, что в виде резолюции мы можем высказать положение: при возведении гидротехнических сооружений, в особенности если они будут находиться в условиях минерализованных вод, применение портланд-цемента для подобных сооружений не может быть допущено, и в этом случае обязательно должны применяться пуццолановые портланд-цементы, которые в нашем Союзе изготовляются и могут изготовляться в любом количестве.

ПРЕНИЯ

Проф. Савчук. В дополнение к тому, что говорил акад. А. А. Байков, я хотел бы добавить несколько слов к постановке одного вопроса, потому что в настоящее время та гидравлическая добавка, о которой я хочу говорить, не называлась акад. А. А. Байковым. Это — сланцевая зола. Однако, при разрешении проблемы Большой Волги, мы имеем дело с громадным массивом сланцев, которые во всем комплексе этих вопросов будут играть громадную роль, и потребление их выразится в несколько миллионов тонн в год. Золы же при сжигании этих сланцев получится в среднем 50%, т. е. миллионы тонн. При этом мы будем иметь ее в различных видах, главным образом от пылевидного сжигания, которое несомненно будет наиболее распространенным видом сжигания на электростанциях, работающих на сланцах.

В этом направлении в Саратове были проделаны большие опыты, которые дают мне возможность говорить о постановке этого вопроса. Мы пробовали использовать золу сланцев Савельевского месторождения, полученную от пылевидного сжигания, как гидравлическую добавку. Правда, этих образцов было сделано сравнительно немного— 6—7. Доступные нам сроки хранения все меньше одного года, причем результаты получались весьма хорошие. Брали золу и смешивали с портланд-цементом в различных пропорциях, от 10 до 70%, причем особенно хорошие результаты были достигнуты, когда смешивали портланд-цемент с золой в пропорции 1 : 1 и с песком в пропорции 1 : 3 (песок был вольский, нормальный). Портланд-цемент при влажном хранении давал на сжатие 260 кг, а с этой гидравлической добавкой в виде сланцевой золы он давал 312 кг через 3 месяца.

Такие, хотя бы и незначительные опыты дают нам право говорить только о необходимости дальнейшей проработки вопроса, ибо такое количество гидравлических добавок, которое может быть получено от сжигания сланца в пылевидном состоянии, должно оказаться весьма эффективной и очень дешевой гидравлической добавкой.

На основании этого я бы предложил в резолюции по докладу акад. А. А. Байкова отметить следующее положение: «необходимо поставить научно-исследовательские работы для определения возможности использования золы горючих сланцев в качестве гидравлической добавки».

Проф. Некрасов. Наша группа московских строителей за эти годы принимала усиленные меры к популяризации вопроса о гидравлических добавках. Я должен подчеркнуть, что в этом деле мы обращали внимание на другую сторону вопроса, а именно на то, что применение гидравлических добавок не только к портланд-цементу, но и к извести и к смеси портланд-цемент-известь одновременно является очень важной мерой экономического порядка, потому что в данном случае применяется не заводский продукт, подвергнутый высокому обжигу (или не очень высокому, как известь), а мы как бы растворяем эти продукты дешевыми добавками. Иначе говоря, в зависимости от того или иного количества гидравлической добавки мы как бы увеличиваем объем цемента примерно на 25—30% и даже несколько больше; что же касается извести, то применением гидравлической добавки мы увеличиваем ее эффективность не в смысле временного сопротивления, а в смысле уменьшения расхода ее до двух и даже до трех раз.

Дефицитность вяжущих, с одной стороны, а с другой стороны, экономическая выгодность гидравлических добавок заставляла группу строителей смотреть на гидравлические добавки как на чрезвычайно ценный метод.

Что касается вопроса антикоррозийности сооружений, то мы еще во время постройки плотины Днепростроя вели усиленную борьбу за пуццоланизацию этой плотины.

Сейчас у нас выработалась определенная точка зрения на организационные пути применения гидравлических добавок. Основные работы ленинградских товарищей, и в большинстве случаев старших в этом вопросе товарищей, как акад. А. А. Байков, проф. С. И. Дружинин и другие, имели в виду, главным образом, заводский продукт.

Но дело в том, что далеко не всегда выгодно возить гидравлическую добавку в таре вместе с цементом. Если мы имеем близко расположенный цементный завод, то имеет смысл, например, брать пуццолановый цемент для Москвы с Подольского завода; если же завод расположен далеко от строительства, то надо пользоваться местными гидравлическими добавками, не проводя их через транспорт вместе с цементом. Этот вопрос недавно разбирался на дискуссии по пуццолановым цементам и гидравлическим вяжущим добавкам и был освещен в газете «Техника».

Мы считаем, что сейчас надо стремиться к тому, чтобы освободить производителя работ от возможно большего числа вспомогательных работ, в том числе и от обычных замесов раствора и т. д.

С другой стороны, надо освободиться от далеких перевозок гидравлических добавок вместе с цементом, а потому мы остановились на организации централизованных в местном масштабе смесительных пунктов и станций, которые будут изготовлять и пуццолановые цементы. У гидротехников эти станции могут быть при бетонном заводе. В этом случае мы будем иметь все выгоды и освободимся от тех ущербов, которые получаются при дальней перевозке заводского пуццоланового цемента, а от заводского он будет отличаться лишь в случаях, когда смесительные агрегаты недостаточно качественные.

Что касается обязательного размола добавок вместе с клинкером, то мы это отрицаем и будем ставить специальные опыты, которые покажут, какая может получиться разница в свойствах цементов, полученных при совместном и при раздельном размоле портландцементного клинкера и гидравлической добавки.

Затем очень важным моментом является вопрос выявления ресурсов гидравлических добавок. Мы несколько лет тому назад знали одну гидравлическую добавку — карадагский трасс, затем стали осваивать трепела. Но этого тоже недостаточно, и во многих случаях мы не найдем этого трепела. Местами есть другие выходы из положения.

Сейчас пуццоланизация плотины Рионгэса проводится путем добавки пемзовой пыли. Зола горючих сланцев Савельевского месторождения содержат такое количество кислотных окислов, что, будучи добавлена к портланд-цементу, эта зола его пуццоланизирует.

Строительство Волго-Каспия должно широко использовать эту возможность.

Но и это тоже частное решение. Нужно было найти ресурсы самые распространенные. В этом направлении, по нашей инициативе, выдвинут вопрос, в историческом разрезе не новый, но имеющий большое производственное значение в наших условиях.

Мы имеем в виду применение в виде гидравлических добавок глин, обожженных при средних температурах и богатых или каолинитом или кремнеземом.

Нильская плотина построена как раз на таких добавках. Результаты работы, проделанной инж. Антоневичем в Ленинграде, и нашей работы в Москве показали, что те глины, которые годны для того, чтобы дать гидравлические добавки, приобретают наибольшую активность при средних температурах прокаливания. При высоких температурах, свыше 900°, активность исчезает совершенно. В пределах от 500 до 800° очень большое количество глин дает различные по качеству гидравлические добавки. Трепела тоже дают неодинаковые по качеству добавки, но глины, опробованные в раз-

личных районах дают возможность найти наиболее подходящие для этой цели.

На основании всего сказанного мы приходим к выводу, что сейчас нет никаких причин не применять методов пуццоланизации. В результате такого подхода мы говорим, что речь идет не о пуццолановом цементе, а именно о пуццоланизации вяжущих добавками. Мы настаиваем на этом. Ибо новые исследования показали, что приходится давать разное количество гидравлических добавок, в зависимости не только от рода добавок, но и от плотности бетона, от условий влажности сооружения и от других причин.

Поэтому в социалистическом заказе строителей, который сейчас вырабатывается, мы будем просить пуццолановые цементы разных видов, с различными количествами гидравлических добавок для того, чтобы было возможно гибко пользоваться методом пуццоланизации и применять разные виды пуццоланового цемента, в зависимости от разных нужд строительства. Сейчас в Главстройпроме и ВНИТО строителей работает основная комиссия по социалистическому заказу, которая начала как раз с вопроса о пуццоланизации вяжущих. В скором времени эта работа поступит на общую дискуссию при ВНИТО. Вероятно, Академия Наук не откажется всесторонне подойти к вопросу о пуццоланизации, который сейчас в значительной мере продвинулся вперед и находится в стадии увязки последних спорных вопросов в общей проблеме вяжущих.

Проф. С. И. Дружинин. Позвольте мне воспользоваться моим словом для того, чтобы вернуть ваше внимание к Волге и волжским гидротехническим сооружениям. Для них потребуется громадное количество вяжущих. Применение бетонов на портланд-цементах в настоящее время является для гидротехнических сооружений совершенно недопустимым; в этом сомнений быть не может. Необходимо переходить на пуццолановые портланд-цементы.

Несомненно также, что пуццолановые портланд-цементы должны готовиться с соответствующими добавками определенного качества, вполне отвечающими своему назначению.

В этом направлении для предстоящих работ сделано довольно много. Мы можем сейчас утверждать, что по Волжскому району на первое время мы будем обеспечены при условии изготовления пуццолановых портланд-цементов на следующих заводах: на заводах Вольской группы, на Сингилеевском и на Бакинском (Кишлинском) заводе. Все эти заводы, согласно тому представлению, которое сделал Союзцемент, уже предположены к переводу на приготовление пуццолановых портланд-цементов в первую очередь. К сожалению тов. Аксенов — заместитель управляющего Союзцемента, который приехал в Ленинград и хотел быть сегодня на настоящем заседании для того, чтобы огласить записку Союзцемента относительно экономики приготовления пуццолановых портланд-цементов — по независящим от него обстоятельствам быть не может. Он просил меня огласить некоторые данные из этой его экономической записки. Союзцемент в 1934 г. уже переходит на изготовление пуццолановых портланд-цементов.

В числе 9 намеченных к переводу на изготовление пуццолановых портланд-цементов заводов находится Вольская группа и Сингилеевский завод, которые в первую очередь будут обслуживать предстоящие гидротехнические работы по Волго-Каспию.

Эти 9 заводов при существующих обжигательном, помольном цехах и прочем оборудовании с добавкой лишь сушильных барабанов могут дать в год 11.5 млн. бочек пуццоланового портланд-цемента и на тех именно гидравлических добавках, которые почти целиком уже изучены. Добавки расположены вблизи заводов, а некоторые заводы построены на пуццоланах, как на основании. Эти заводы, применяя добавки, дадут ежегодно экономию в самом производстве около 6 млн. руб. при увеличении выпуска продукции до 11.5 млн. бочек. Из двух бочек дорого стоящего портланд-цементного клинкера получается минимум три бочки пуццоланового портланд-цемента.

После 1934 г. Союзцемент на изготовление пуццолановых портланд-цементов во вторую очередь переводит еще 17 заводов. Тогда экономия получится соответственно больше. При этом необходимо учесть, что не потребуется строить новых 10 заводов по 20 млн. руб. каждый, т. е. единовременные затраты уменьшаются на 200 млн. руб.

Кроме того, будет экономия на тех материалах, которые являются сейчас особенно дефицитными. Это, во-первых, топливо. По подсчетам Союзцемента экономия топлива будет выражаться в 280 тыс. т. Что касается перевозки топлива, то Союзцемент, считает, что ежегодно будет освобождаться до 20 тыс. вагонов при переводе 17 заводов первой и второй очереди на изготовление пуццоланового портланд-цемента, и потому экономия определится в 100 тыс т. В этой экономической записке указывается, что экономия в рабочей силе составит 300 тыс. человеко-дней. Общие подсчеты кончаются все-таки, с моей точки зрения, головокружительными цифрами: предполагается получить до 400 млн. руб. экономии, учтя все расходы при переводе существующих заводов на изготовление пуццолановых портланд-цементов. Таковы мнение и точка зрения Союзцемента. Оглашенные мною цифры, изложенные в записке, которая, надо надеяться, в непродолжительном времени появится в печати, показывают, что Союзцемент встал на путь пуццоланизации портланд-цемента.

Из этих объективных цифр, которым не доверять нет никаких оснований, ясно видно, что мы здесь действительно имеем очень большую проблему, проблему общесоюзного значения.

Далее я хочу указать, что когда мне приходилось бывать на заседаниях, в которых рассматривались вопросы о пуццолановых вяжущих веществах и отвечать на записки и на устные вопросы, задаваемые строителями, то мне все-таки казалось раньше и продолжает казаться и теперь, что у них все еще есть недоверие к этому новому вяжущему веществу. Хотя напрасно мы считаем его новым. Пуццоланизация вяжущих растворов применялась со времен римлян, но, тем не менее, у современных строителей до сих пор имеются сомнения.

Этот большой вопрос в 1931 г., после 25-летней борьбы во всем мире, получил совершенно новое решение по отношению к гидро-

техническим сооружениям в морской воде. Постановление международного судоходного конгресса в Венеции в 1931 г. сводится к тому, что производство портовых сооружений в морской воде на бетонах из портланд-цемента недопустимо и что необходим переход к пуццоланизации этих цементов (будем это слово применять, так как оно хорошо выражает самую сущность вопроса). Проф. Перьяни предлагает делать пуццоланизацию не так, как это делают в Италии: он советует заводским способом готовить определенные марки пуццолановых портланд-цементов, которые будут отличаться друг от друга соответственными количествами содержания гидравлических добавок и портланд-цементного клинкера. Эти марки должны быть различных качеств для различного рода вод и сооружений. Не следует делать так, как делают до сих пор итальянцы, которые берут известь, портланд-цемент и берут из карьера неразмолотую, неотсеянную, в естественном ее состоянии пуццолану, в которой, конечно, имеются и крупные и мелкие частицы, а также и порошок; все это смешивают на постройке и готовят массив. Таким образом, пуццолана в части ее (крупной по размеру зерна) играет роль просто инертного вещества и настоящей пуццоланизации самого вяжущего вещества не дает. Проф. Перьяни предлагает изготовление производить заводским способом, путем отсева, совместного перемола и пр., а не кустарным способом, как это делалось раньше. Это было предложено и принято международным конгрессом в 1931 г.

В 1923 г. Мальцовский и Новороссийский заводы стали на этот путьНовороссийский завод стал готовить пуццолановые портланд-цементы на карадагском трассе, а брянский завод стал готовить на своем же трепеле, который залегает тут же на территории завода.

И до сих пор мы от бакинских строителей, которые широко пользуются новороссийским пуццолановым портланд-цементом, получаем только положительные отзывы. Ни одного отрицательного отзыва нами не получено. Таким образом, уже в 1923 г., т. е. на восемь лет раньше, мы встали на тот путь, который указан теперь Международным конгрессом по судоходству для гидротехнических сооружений в морской воде. Если я пришлю вам 10 бочек стандартного портланд-цемента марки «00», с которым вы привыкли иметь дело, и вместе с ними 10 бочек пуццоланового портланд-цемента той же марки «00» и не поставлю на них ярлыков, то я уверен, что вы не отличите их один от другого ни в процессе работы, ни в период твердения, так как усадочные явления в бетоне, которые беспокоят строителей, величины сцепления железа с бетоном и пр. — у них все те же самые. И различить их можно только специальными исследованиями. Но, конечно, они должны быть хорошо приготовлены заводским способом. Все сказанное относится и к пуццолановым портланд-цементам. Если мы будем смешивать лопатой гидравлические добавки с портланд-цементом, или на сухо или в твориле, то, конечно, из этого ничего хорошего не получится.

По отношению к упругим свойствам бетонов позвольте указать следующее: модули нормальной упругости при сжатии бетонов на порт-

ланд-цементе и бетонов на пуццолановом портланд-цементе изменяются по одинаковому закону в зависимости от величин временных сопротивлений сжатию. Что касается численных коэффициентов, то они для бетонов на пуццолановом портланд-цементе несколько отличаются от таковых же для бетонов на портланд-цементе с той же величиной временного сопротивления. Но это отличие количественно столь незначительно, что с ним вероятно в практике расчетов не придется считаться.

В отношении применения пуццоланового портланд-цемента к железобетону надо сказать, что величина сцепления растворов с железом того же порядка и практически влияния не окажет, так как эта разница в величинах столь незначительна, что находится в пределах ошибок гипотез, положенных в основу расчетов железобетонных конструкций.

Я позволю себе еще раз повторить, что когда вы, строители, будете получать пуццолановый портланд-цемент, то не сможете отличить его от обычного портланд-цемента. Он будет очень постоянен по своим качествам и свойствам. Не надо забывать основного и главного его преимущества, а именно устойчивости в минерализованной и в пресной воде, в особенности при одностороннем гидростатическом давлении — все это такие преимущества, которые вместе с преимуществами экономическими безусловно диктуют необходимость перехода к пуццолановому портланд-цементу. Я бы сказал, что если даже пуццолановый портланд-цемент стоил бы и дороже портланд-цемента, все равно мы обязаны его применять; нельзя делать дальше так, как это делалось до сих пор. Неизбежно приходится считаться с так называемой «белой смертью» бетона — очень удачное выражение, употребленное проф. Скрыльниковым. Эта белая пленка, появляющаяся на бетонах со стороны, противоположной напору воды, как следствие выщелачивания свободной извести, наблюдается уже на некоторых последних, самых новых сооружениях. Через 3—4 года это выщелачивание будет настолько сильным, что в эксплоатации придется делать много затрат и ремонтных работ для борьбы с этим явлением.

Какими способами вы будете спасать сооружение? Есть способ торкретирования с напорной стороны, но он требует водоотлива; можно предложить способ ремонта и без водоотлива — это инжектирование пуццоланового цемента внутрь под большим давлением. Этим способом можно заполнить образовавшиеся пустоты и каверны пуццолановым вяжущим, т. е. вы будете постоянно и неустанно заменять в вашем сооружении выщелачиваемый портланд-цемент пуццолановым портланд-цементом, т. е. делать то, что необходимо было сделать раньше, при постройке его.

При теперешнем положении вещей и в применении к постройке огромных гидротехнических сооружений, которые предполагаются на Волге, я считаю, что пуццолановый портланд-цемент необходим.

Далее можно говорить, что в некоторых сооружениях, вероятно, широкое применение будет иметь известково-пуццолановый цемент, т. е. комбинация извести с гидравлической добавкой. Все это, однако,

вопросы проектирования, которые в каждом частном случае должны разбираться отдельно в зависимости от местных условий.

Я очень приветствую то, что обсуждение этого вопроса стало достоянием очень широких кругов. Весьма важно, что этот вопрос разбирается на заседании сессии Академии Наук, которая должна сказать свое веское слово и дать директиву нам как поступать. Сейчас в моих руках имеется постановление, по которому Союзцемент в 1934 г. переходит на изготовление пуццолановых портланд-цементов, исходя из экономической эффективности их изготовления и из существа свойств их.

В 1934 г., товарищи строители, хотите или не хотите, сомневаетесь еще или уже не сомневаетесь, но пуццолановый портланд-цемент на рынке будет, свойства его изучены, и вы можете его применять.

В заключение я целиком присоединяюсь к той резолюции, которую предложил акад. А. А. Байков.

Проф. Ю н г. Разнообразные свойства и преимущества пуццоланового портланд-цемента были здесь достаточно выявлены. С. И. Дружинин и акад. А. А. Байков указали на упругие свойства, сцепление железа и химическую стойкость пуццоланового портланд-цемента. Следует только дополнить, что стойкость пуццолановых портланд-цементов в бетоне и растворе определяется не только по одному их химическому влиянию, но и вследствие уплотнения раствора, потому что одновременно пуццоланические добавки сообщают бетону значительную водонепроницаемость; в этой области ведутся большие научно-исследовательские работы под руководством присутствующего здесь проф. В. А. Кинд. Но все же строители в значительной мере были правы, когда целый ряд лет они противились применению пуццоланового портланд-цемента, потому что это вещество медленно твердеющее. Конечно, процесс схватывания следует отделять от твердения: схватывание есть потеря первоначальной пластичности, а твердение — нарастание механической прочности.

И действительно, изготовлявшийся несколько лет тому назад пуццолановый портланд-цемент в лабораторном масштабе в заводских условиях показал начальные сроки отставания затвердения в 3 и 8 дней по отношению к портланд-цементу, взятому без добавок. Эта сторона дела была учтена при изучении этого вопроса в Институте цемента, который работал последние два года усиленными темпами над созданием высокосортного пуццоланового портланд-цемента.

В настоящее время вопрос о производстве пуццолановых портланд-цементов, отвечающих последним условиям и требованиям для марки 00, решен, и соответствующий стандарт утвержден и опубликован.

В настоящее время в дополнение к этому можно сказать, что высокосортный пуццолановый портланд-цемент не только в лабораторных условиях, но в отдельных, правда, небольших пока партиях также произведен. Поэтому в отношении скорости твердения гидротехники могут быть совершенно спокойны.

Они имеют возможность требовать определенных показателей, отвечающих пуццолановому портланд-цементу марки 00. Этот вопрос разрешен в производственном порядке. В скором времени, вероятно к будущему 1934 г., удастся выпускать пуццолановый портланд-цемент высокого сорта, отвечающий марке 000 портланд-цемента.

Теперь разрешите перейти к общим вопросам о том, как производить смешение. Совершенно ясно, что пуццоланизация портланд-цемента — это вопрос дня во всех областях строительства. Ряд исследований говорит за то, что не только помол и смешение должны быть затронуты для дальнейшего улучшения свойств и качества цемента, но и сам клинкер, который применяется в производстве. Повидимому, на основе исследований, производимых здесь и в Москве в Институте цемента, следует брать клинкер с некоторыми специфическими свойствами, и тогда можно достигнуть улучшений. На основе декларации, которую прочитал здесь проф. С. И. Дружинин от имени Института цемента, следует не только применять пуццоланизацию цемента, но и освоить пуццоланизацию самого производства цемента. Где это производить — на месте или на заводе — это все равно. Важно как и из чего производить. Это определяется, конечно, уже не техникой, потому что техники этот вопрос достаточно выяснили; здесь необходимы основательные технико-экономические расчеты. Тогда будет видно, где выгоднее и лучше.

Что касается добавок, т. е. какие добавки следует употреблять, то они чрезвычайно многообразны. Здесь могут быть отдельные случаи в зависимости от состава золы и сланцев, тем более, что в настоящее время методы исследования активности гидравлических запалов и их свойств не только вполне разработаны, но даже стандартизированы. Вопрос заключается только в применении этого стандартного метода к отдельным видам добавок. Следует говорить о конкретной золе данной топки данного состава.

Итак вы видите, что для Волги вопрос о всевозможных добавках разрешен. Следует употреблять местные добавки, по возможности экономические и эффективные.

В заключение позвольте присоединиться к резолюции, которую предложил акад. А. А. Байков.

Проф. Фидман. Строительство канала Москва—Волга, которое я здесь представляю, уже полгода назад приступило к проведению в жизнь вопроса, о котором докладывал акад. А. А. Байков. В районе Дмитрово-Клинской гряды, простирающейся к северу от Москвы в широтном направлении на 80 км, мы имеем залежи трепелов. В районе Хотькова эти трепела были изучены и раньше. Залежи же трепелов в районе Дмитрова, находящиеся в центре строительства, исследованы не были. Это исследование в настоящее время проводится группой работников, возглавляемой проф. Скрамтаевым. Несколько дней назад проф. Скрамтаев сделал строительству доклад о результатах исследования этих трепелов по трехмесячным образцам. Были проведены исследования на прочность и на замораживание. Фильтрационные свойства таких бетонов еще не изучены. Исследование продолжается. Будут иссле-

дованы и шестимесячные и годовые образцы. Результаты, полученные проф. Скрамтаевым, позволяют строительству уже сейчас перейти на бетоны с применением трепелов, причем в настоящее время это применение гарантируется в количестве около 25% от того количества цемента, которое потребуется для этого строительства, т. е. примерно из 4 млн. бочек цемента — 1 млн. бочек.

Что касается способов применения диатомовой земли, то, повидимому, можно будет организовать это дело таким образом, чтобы приготовление и перемешивание проводить на месте, без завоза диатомовой земли на завод. Возможности и перспективы ближайшего получения пуццолановых портланд-цементов в больших количествах в Вольских заводов, с Волги, интересует и наше строительство. Мы не откажемся от применения таких цементов, как только они там появятся.

Как видите, брешь в этом отношении многолетними усилиями наших товарищей уже пробита. Строительство канала Москва — Волга, являющееся головным участком проблемы Большой Волги — реально приступает к осуществлению этого вопроса.

Проф. Кинд. Вопрос о применении пуццолановых портланд-цементов в гидротехническом строительстве сегодня был освещен уже достаточно. В добавление к тому, о чем здесь говорилось, я хотел бы обратиться к вопросу о некоторых специфических свойствах пуццолановых портланд-цементов. Прежде всего коснусь вопросов об усадке бетонов на пуццолановых портланд-цементах и о водопроницаемости этих цементов.

Что касается усадки пуццолановых портланд-цементов, или вернее усадки бетонов на пуццолановых портланд-цементах, то, как показывает работа, проводимая в научно-исследовательском институте гидротехники, по этому вопросу никаких опасений быть не может. Усадка бетонов на пуццолановых портланд-цементах примерно того же порядка, что и усадка бетонов на портланд-цементах.

Второй вопрос о водопроницаемости пуццолановых портланд-цементов является кардинальным для гидротехники, потому что, в связи с водопроницаемостью бетона, и выявляются все те отрицательные свойства, о которых говорил акад. А. А. Байков, упоминая о портланд-цементе, так как при фильтрации через бетон воды и могут появиться явления, которые приводят к разрушению бетона в морской или пресной воде — явления фильтрации, выщелачивания извести и т. д. В этом отношении надо сказать, что растворы и бетоны на пуццолановых портланд-цементах значительно менее водопроницаемы, нежели растворы и бетоны на портланд-цементе. Это особенно ярко сказывается, когда приходится иметь дело с такими бетонами, которые приготовляются на пуццолановом портланд-цементе с трепелом или диатомитом, или с такой добавкой, имеющей местное значение, как сиштофф.

Многолетняя работа Института гидротехники показала, что в этом отношении пуццолановые портланд-цементы значительно выше, чем портланд-цементы. В связи с этим, то выщелачивающее действие воды на портланд-цемент, о котором говорил акад. А. А. Байков, умень-

шается не в 30 раз, как он говорил, а значительно больше, потому что водопроницаемость бетонов уменьшается тоже в несколько раз. Таким образом, мы можем сказать, что бетон на пуццолановых портланд-цементах является практически неразрушимым в условиях его службы в гидротехническом сооружении.

Далее мне кажется необходимым обратить внимание, в связи с проблемой Волго-Каспия, на вопрос об обеспеченности вяжущими веществами. Надо прямо сказать, что того цемента, который могут дать заводы, расположенные в этом обширном районе, не хватит. Не хватит ни портланд-цемента, ни пуццоланового портланд-цемента. Необходимо немедленно выяснить вопрос о географическом распределении тех новых заводов, которые неизбежно должны будут строиться, и сейчас же составить ясную картину о том, какие добавки для отдельных районов могут быть использованы: будут ли это волжские диатомиты, сланцевая зола или обожженные глины.

В частности, относительно глины был задан вопрос докладчику одним из выступавших. В. П. Некрасов говорил о том, что для этого пригодны обожженные глины. Я могу только напомнить, что такая плотина, как Сеннарская на Голубом Ниле, общим протяжением около 3 км, была построена на красном цементе, который представляет собою не что иное, как смесь из 75% портланд-цемента и 25% местной обожженной глины. Вот одна из тех добавок, которые, повидимому, можно найти, если не повсеместно, то во многих районах. Там, где не будет естественных добавок, можно обратиться к добавкам искусственным.

Итак, я считаю, что вопрос о снабжении вяжущими веществами вообще и, в частности, пуццолановыми портланд-цементами, а следовательно — вопрос о гидравлических добавках, должен быть поставлен на очередь, чтобы не обнаружилось нехватки вяжущих веществ на строительстве и не пришлось бы их возить на дальние расстояния.

Проф. Гришин. Я хочу информировать настоящее собрание, что в Москве пересматриваются общие нормы для проектирования гидротехнических сооружений на базе тех норм, которые были разработаны проф. Близняковым в Институте сооружений. Эти нормы вводятся как проект, и они поступят на утверждение соответствующих инстанций. Вводится обязательное применение пуццоланового портланд-цемента или цемента с добавками для определенных сооружений, в зависимости от техно-экономических соображений.

Акад. А. А. Байков (*заключительное слово*). Мое заключительное слово будет очень кратко. Я полагаю, для всех совершенно очевидно, что для подводных гидротехнических сооружений, особенно там, где есть более затрудненные условия работы, применение пуццолановых портланд-цементов является обязательным и неизбежным. Если применение обыкновенного портланд-цемента для сооружений крупного масштаба до настоящего времени называлось технической безграмотностью, то в дальнейшем это будет техническим преступлением. Поэтому в дальнейшем портланд-цемент в чистом виде не может быть

допущен, а непременно должен применяться пуццолановый портланд-цемент.

Что касается пуццоланового портланд-цемента, то здесь надо применять два основных условия.

Первое условие: не всякое вещество можно добавлять, а только такое, которое изучено и для которого доказано, что это — действительно гидравлическая добавка. Такие гидравлические добавки могут быть очень разнообразны, некоторые из них очень хорошо изучены и имеются в очень больших количествах.

Затем, второе условие: смешение должно производиться заводским способом. Я не могу присоединиться к тому взгляду, что это смешение можно производить помимо заводского механического смешения с применением хороших перемалывающих механизмов; только заводский способ обеспечит доведение до надлежащей тонкости помола всего материала и тесное, интимное смешение, гарантирующее высокое качество материала. Эти условия необходимы для того, чтобы быть совершенно уверенными в том, что эти материалы дадут возможность возводить гидротехнические сооружения, долговечность которых будет измеряться не десятками, а сотнями лет.

Председатель. На основании тезисов, которые предложил докладчик, и на основании того, что здесь говорилось, мы приходим, как я полагаю, к следующему проекту нашего постановления.

1. При возведении гидротехнических сооружений, особенно подверженных гидростатическому напору, или при наличии минерализованных вод, применение обычных портланд-цементов является недопустимым.

2. В указанных случаях совершенно надежные результаты получаются лишь при условии смешения портланд-цемента с гидравлическими добавками (пуццоланы, трассы, диатомовые земли), что вполне гарантирует многовековую сохранность бетонных сооружений.

3. Для приволжских районов имеет чрезвычайно большое значение разыскание местных гидравлических добавок и их подробное исследование с целью производства пуццолановых портланд-цементов.

4. Решение вопроса о расположении и очередности возведения новых цементных заводов необходимо провести с учетом ныне проектируемых волжских сооружений.

Прошу делать поправки и добавления.

Ко второму пункту предложена поправка: «При условии надлежащего смешения». (*С предложенной поправкой указанный проект заключения по докладу акад. А. А. Байкова Секцией принимается*).

Разрешите поблагодарить докладчика и перейти к следующему докладу, который будет сделан мною.

Председательствование передаю члену Бюро Секции акад. Б. Е. Веденееву.

Акад. Н. Н. ПАВЛОВСКИЙ

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ДВИЖЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

В настоящем докладе приводятся основы гидравлической теории турбулентного движения грунтовых вод, причем имеется в виду, главным образом, движение неравномерное; о равномерном движении я говорю лишь весьма кратко. В конце доклада указываются те практические приложения, которые может иметь излагаемая здесь теория, в частности — в гидротехнических вопросах, связанных с реконструкцией Волги.

§ 1. Равномерное движение. Имея в дальнейшем в виду лишь потоки безнапорные, характеризуемые тем, что давление на поверхности их = атмосферному, для равномерного движения при турбулентном режиме среднюю скорость в порах грунта U можно выразить по формуле Шези:

$$U = C\sqrt{Ri}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

где:

C — коэффициент Шези;

R — гидравлический радиус живого сечения;

i — уклон непроницаемого подстилающего слоя, причем гидравлический радиус

$$R = \frac{\Sigma\omega'}{\Sigma\chi'}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

если величины $\Sigma\omega'$ и $\Sigma\chi'$ представляют собою сумму площадей свободных промежутков между отдельными «зернами» грунта и сумму соответственных смоченных периметров.

Представляя (1) в виде

$$U = A\sqrt{i}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

где A — некоторый коэффициент, определяемый опытным путем,[1] перейдем от средних скоростей течения в порах грунта U к средним скоростям фильтрации V, обозначая через p коэффициент пористости данного грунта:

$$V = pU, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

и далее

$$V = Ap\sqrt{i}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

откуда и получается формула для расхода

$$Q = Ap\omega\sqrt{i}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

где ω — геометрическая площадь сечения потока (фиг. 1).

[1] См. С. В. Избаш. О фильтрации в крупнозернистом материале, Изв. НИИГ, т. I.

Обозначая

$$\frac{Q}{\sqrt{i}} = K, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

$$\frac{V}{\sqrt{i}} = W \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

и называя K — модулем расхода, W — модулем скорости, легко получим из (6) и (5):

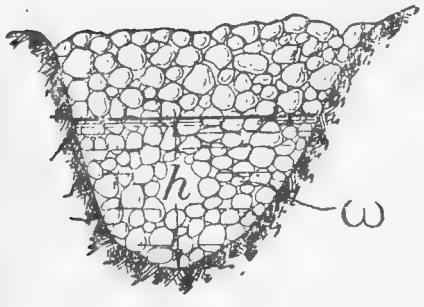
$$K = A p \omega, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

$$W = A p, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

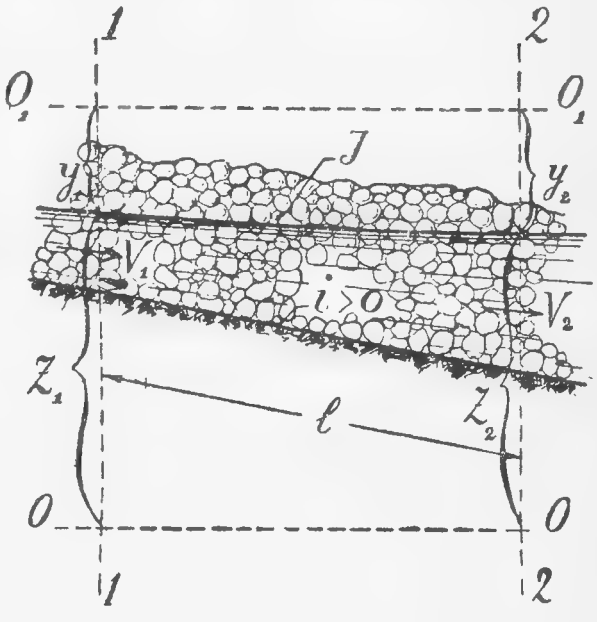
что представляет собою другие выражения для модулей расхода и скорости.

Имея в виду, что при равномерном движении $i = \frac{h_f}{l}$, где h_f — потеря напора на участке l, из (5) получаем:

$$h_f = \frac{V^2 l}{A^2 p^2}. \qquad (11)$$



Фиг. 1.



Фиг. 2.

§ 2. Дифференциальное уравнение неравномерного движения. Случай неравномерного движения в крупнозернистом грунте (при турбулентном режиме) для прямого уклона ($i > 0$) подстилающего слоя представлен на фиг. 2. Составляя уравнение Бернулли для сечений *1—1* и *2—2* относительно плоскости сравнения *0—0*, получим:

$$\frac{\alpha U_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\Delta} + z_1 = \frac{\alpha U_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\Delta} + z_2 + h_f, \quad \ldots\ldots (12)$$

где обозначения общеизвестны. В силу того, что

$$p_1 = p_2 = p_a \text{ (атмосферное давление)},$$

и

$$z_1 - z_2 = y_2 - y_1 \text{ (фиг. 2)},$$

где через y_1 и y_2 обозначены расстояния от некоторой вспомогательной горизонтальной плоскости 0_1—0_1 до поверхности потока, вместо (12) можно написать:

$$y_2 - y_1 = \frac{\alpha U_2^2}{2g} - \frac{\alpha U_1^2}{2g} + h_f. \quad \ldots\ldots\ldots (13)$$

Переходя теперь от участка конечной длины l к участку бесконечно малой длины ds, получим:

$$dy = d\left(\frac{\alpha U^2}{2g}\right) + dh_f, \quad \ldots\ldots\ldots (14)$$

а затем, заменяя U скоростью фильтрации V по (4) и замечая, что по (11)

$$dh_f = \frac{V^2}{A^2 p^2} ds, \quad \ldots\ldots\ldots (15)$$

вместо (14) имеем:

$$I = \frac{d}{ds}\left(\frac{\alpha V^2}{2g p^2}\right) + \frac{V^2}{A^2 p^2}, \quad \ldots\ldots\ldots (16)$$

где I — уклон поверхности потока. Зависимость (16) и является общим уравнением для установившегося медленно изменяющегося неравномерного движения жидкости в крупнозернистых грунтах (при турбулентном режиме). Уравнение (16) сохраняется и при горизонтальном подстилающем слое, а равно и при обратном его уклоне.

Далее, тем же путем, что и при рассмотрении неравномерного движения в открытых руслах, вместо (16) при прямом уклоне непроницаемого подстилающего слоя получим[1]:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{A^2 p^2 \omega^2}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g p^2} \cdot \frac{B}{\omega^3}}, \quad \ldots\ldots\ldots (17)$$

где B — ширина поперечного сечения по верху, h — глубина потока, причем (фиг. 3) полезно помнить, что $B = \frac{d\omega}{dh}$.

При обратном уклоне подстилающего слоя будет

$$\frac{dh}{ds} = \frac{-i' - \frac{Q^2}{A^2 p^2 \omega^2}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g p^2} \cdot \frac{B}{\omega^3}}, \quad \ldots\ldots\ldots (18)$$

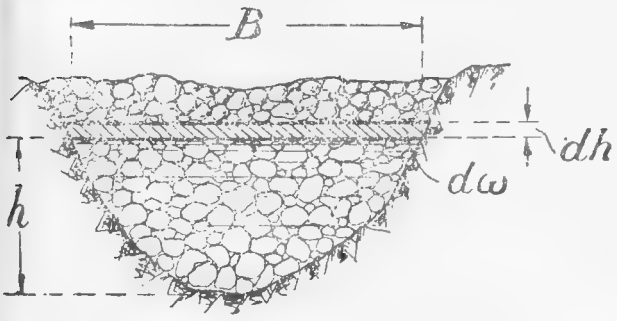
где i' — подъем названного слоя на единицу длины потока.

[1] Уравнение (17) было указано в моем докладе на Ноябрьской (юбилейной) сессии АН 1932 г. (см. Труды этой сессии, стр. 485).

Наконец, при горизонтальном подстилающем слое ($i=0$) найдем

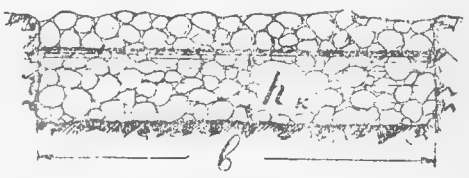
$$\frac{dh}{ds}=-\frac{\frac{Q^2}{A^2 p^2 \omega^2}}{1-\frac{\alpha Q^2}{g p^2}\cdot\frac{B}{\omega^3}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (19)$$

§ 3. О нормальной и критической глубине и критическом уклоне. При $\frac{dh}{ds}=0$, очевидно, будем иметь равномерный режим, при котором глубину потока, как и в открытых руслах, будем называть нормальной глубиной и обозначать через h_0.



Фиг. 3.

Глубину h, при которой обращается в нуль знаменатель в зависимостях (17)—(19),



Фиг. 4.

будем называть критической и обозначать через h_k. Для определения ее имеем:

$$\frac{\alpha Q^2}{g p^2}=\frac{\omega^3 k}{B_k}=\Lambda(h_k) \text{ (обозначение)}. \quad \ldots\ldots (20)$$

Для прямоугольных поперечных сечений (фиг. 4), так как $B_k=b$ и $\omega_k=bh_k$, получим по (20):

$$\frac{\alpha Q^2}{g p^2}=\frac{b^3 h_k^3}{b}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (21)$$

откуда и находим выражение для критической глубины

$$h_k=\sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g p^2}}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (22)$$

где $q=\frac{Q}{b}$.

Далее, дадим выражение для критического уклона i_k. По самому определению этого понятия имеем:

$$i_k=\frac{V_k^2}{A^2 p^2}=\frac{Q^2}{A^2 p^2 \omega_k^3}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (23)$$

с другой же стороны, из (20) следует, что

$$Q^2=\frac{g p^2}{\alpha}\cdot\frac{\omega_k^3}{B_k}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (24)$$

и после подстановки (24) в (23) будет

$$i_k = \frac{g}{\alpha A^2} \cdot \frac{\omega_k}{B_k} = \frac{g}{\alpha A^2} \cdot (h_{ср})_k; \quad \ldots\ldots\ldots (25)$$

для прямоугольного сечения

$$i_k = \frac{g}{\alpha A^2} \cdot h_k \ldots\ldots\ldots\ldots (26)$$

Что касается форм свободной поверхности (кривой депрессии) при турбулентном движении грунтовых вод, то формы эти — те же, что и при неравномерном движении в открытых руслах, почему останавливаться на этом вопросе здесь нет надобности.

§ 4. Интегрирование полученных дифференциальных уравнений для прямого и обратного уклона. Преобразуем уравнение (17) так:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{A^2 p^2 \omega^2}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g p^2} \cdot \frac{B}{\omega^3}} = \frac{i - \frac{i A^2 p^2 \omega_0^2}{A^2 p^2 \omega^2}}{1 - \frac{\alpha A^2 p^2 \omega_0^2 i}{g p^2} \cdot \frac{B}{\omega^3}}, \ldots\ldots (27)$$

или

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i\left(1 - \frac{K_0^2}{K^2}\right)}{1 - j\frac{K_0^2}{K^2}}, \ldots\ldots\ldots (28)$$

где обозначено

$$K_0 = A p \omega_0, \ldots\ldots\ldots (29)$$

причем K_0 — модуль расхода при равномерном режиме, и введено обозначение:

$$j = \frac{\alpha i A^2}{g} \cdot \frac{B}{\omega}. \ldots\ldots\ldots (30)$$

Будем пользоваться известным понятием относительной глубины

$$\eta = \frac{h}{h_0} \ldots\ldots\ldots (31)$$

и, кроме того, введем понятие: «относительной площади сечения»[1] δ, понимая под этим определением величину

$$\delta = \frac{\omega}{\omega_0}. \ldots\ldots\ldots (32)$$

Замечая, что

$$\frac{K}{K_0} = \frac{Ap\omega}{Ap\omega_0} = \frac{\omega}{\omega_0} = \delta \ldots\ldots\ldots (33)$$

[1] Как то и было нами ранее сделано в нашей работе: «Неравномерное движение грунтовых вод» (Дальнейшее развитие вопроса), Ленинград, 1932, стр. 6.

и подставляя (33) в (28), после преобразования получим:

$$\frac{ids}{h_0}=\left[1-(1-j)\frac{1}{1-\delta^2}\right]d\eta, \quad \ldots\ldots \quad (34)$$

где

$$\delta=f(\eta). \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (35)$$

Для прямоугольного «грунтового русла» (что в данном случае отвечает «плоской задаче»)

$$\delta=\frac{\omega}{\omega_0}=\frac{h}{h_0}=\eta, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (36)$$

и вместо (34) будем иметь:

$$\frac{ids}{h_0}=\left[1-(1-j)\frac{1}{1-\eta^2}\right]d\eta. \quad \ldots\ldots \quad (37)$$

Интегрируя это выражение от сечения *1—1* до сечения *2—2* (фиг. 5) расстояние между которыми $s_2-s_1=l$, найдем:

$$\frac{il}{h_0}=\eta_2-\eta_1-(1-j)\left[\varphi(\eta_2)-\varphi(\eta_1)\right], \quad \ldots\ldots \quad (38)$$

где $\eta_1=\frac{h_1}{h_0}$, $\eta_2=\frac{h_2}{h_0}$ и где обозначено

$$\varphi(\eta)=\int\frac{d\eta}{1-\eta^2}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (39)$$

причем

$$\varphi(\eta)=\frac{1}{2}ln\frac{1+\eta}{1-\eta}+C \text{ (при } \eta<1);$$
$$\varphi(\eta)=\frac{1}{2}ln\frac{\eta+1}{\eta-1}+C \text{ (при } \eta>1).$$

Для случая «степенного русла», т. е. русла, в котором ширина по верху B связана показательной зависимостью с глубиною [1] h, будет:

$$B=B_1h^t, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (40)$$

где B_1 — ширина по верху при $h=1$. При этом

$$\omega=Dh^n, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (41)$$

где

$$n=t+1;\ D=\frac{B_1}{n}=\frac{B_1}{t+1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (42)$$

Имеем:

$$\delta=\frac{\omega}{\omega_0}=\frac{Dh^n}{Dh_0^n}=\eta^n; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (43)$$

[1] К типу «степенных русел» могут быть приведены весьма сложные формы поперечных сечений потоков, как то показано нами в работе, упомянутой в предыдущей сноске (см. стр. 22).

следовательно, для степенного русла уравнение (38) сохранится, но при

$$\varphi(\eta)=\int\frac{d\eta}{1-\delta^2}=\int\frac{d\eta}{1-\eta^{2n}}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (44)$$

Заметим, что для степенного русла, как легко видеть из совместного рассмотрения (6) и (41), нормальная глубина определится выражением

$$h_0=\sqrt[n]{\frac{Q}{ADp\sqrt{i}}}=\sqrt[n]{\frac{nQ}{AB_I p\sqrt{i}}}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (45)$$

Для случая обратного уклона подстилающего слоя аналогично (38) будем иметь при степенном русле:

$$\frac{i'l}{h'_0}=-(\eta_2-\eta_1)+(1+j)[\psi(\eta_2)-\psi(\eta_1)], \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (46)$$

где

$$\psi(\eta)=\int\frac{d\eta}{1+\eta^{2n}}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (47)$$

причем $\eta=\frac{h}{h_0'}$; h_0' — нормальная глубина «вспомогательного» грунтового потока, движущегося в обратном направлении. При плоской задаче

$$\psi(\eta)=\int\frac{d\eta}{1+\eta^2}=arc\ \mathrm{tg}\,\eta+C. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (48)$$

§ 5. Случай горизонтального подстилающего слоя. Здесь (фиг. 6) из уравнения (19) получаем:

$$\frac{dh}{ds}=\frac{-i_k\frac{K_k^2}{K^2}}{1-j_k\frac{K_k^2}{K^2}}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (49)$$

где

$$K_k^2 i_k=Q^2=K_0^2 i \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (50)$$

и

$$j_k=\frac{\alpha i_k A^2}{g}\cdot\frac{B}{\omega}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (51)$$

Подставляя по (25) в (51) значение критического уклона i_k, имеем:

$$j_k=\frac{B}{B_k}\cdot\frac{\omega_k}{\omega}; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (52)$$

обозначая

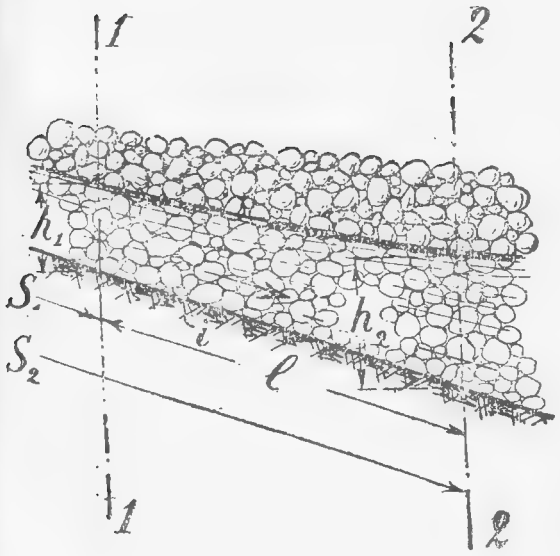
$$\frac{K}{K_k}=\frac{Ap\omega}{Ap\omega_k}=\frac{\omega}{\omega_k}=\delta_k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (53)$$

и подставляя (52) и (53) в (49), найдем:

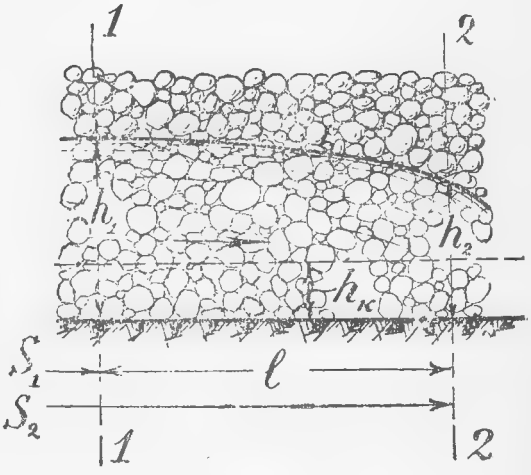
$$\frac{dh}{ds} = -\frac{\frac{i_k}{\delta_k^2}}{1 - \frac{\omega_k}{\omega} \cdot \frac{B}{B_k} \cdot \frac{1}{\delta^2}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (54)$$

Вводя далее обозначение

$$\frac{B}{B_k} = \beta_k \quad \ldots \quad (55)$$



Фиг. 5.



Фиг. 6.

и учитывая (53), представляем (54) в виде:

$$\frac{dh}{ds} = -\frac{\frac{i_k}{\delta_k^2}}{1 - \frac{\beta_k}{\delta_k^3}}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (56)$$

откуда

$$i_k ds = \left(\frac{\beta_k}{\delta_k} - \delta_k^2\right) dh \quad \ldots\ldots\ldots \quad (57)$$

и, при обозначении

$$\frac{h}{h_k} = \xi, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (58)$$

имеем вместо (57):

$$\frac{i_k ds}{h_k} = \left(\frac{\beta_k}{\delta_k} - \delta_k^2\right) d\xi \quad \ldots\ldots\ldots \quad (59)$$

Для «степенного русла»

$$\delta_k = \frac{\omega}{\omega_k} = \frac{Dh^n}{Dh_k^n} = \frac{h^n}{h_k^n} = \xi^n, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (60)$$

откуда

$$\delta_k^2 = \xi^{2n}; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (61)$$

кроме того, для такого русла

$$\beta_k = \frac{B}{B_k} = \frac{B_I h^t}{B_I h^t{}_k} = \frac{h^t}{hk^t} = \xi^t, \quad \ldots\ldots (62)$$

и, таким образом, входящая в правую часть (59) дробь равна

$$\frac{\beta_k}{\delta_k} = \frac{\xi^t}{\xi^n} = \xi^{t-n}, \quad \ldots\ldots (63)$$

где $t+1=n$ по (42), а потому

$$\frac{\beta_k}{\delta_k} = \xi^{-1}. \quad \ldots\ldots (64)$$

Подставляя (64) и (60) в (59), окончательно получаем:

$$\frac{i_k ds}{h_k} = \left(\frac{1}{\xi} - \xi^{2n}\right) d\xi, \quad \ldots\ldots (65)$$

что после интегрирования от сечения *1* до сечения *2* дает:

$$\frac{i_k l}{h_k} = \varphi_0(\xi_2) - \varphi_0(\xi_1), \quad \ldots\ldots (66)$$

где

$$\xi_1 = \frac{h_1}{h_k};\ \xi_2 = \frac{h_2}{h_k} \quad \ldots\ldots (67)$$

и

$$\varphi_0(\xi) = ln\,\xi - \frac{1}{1+2n}\xi^{1+2n} \ldots\ldots (68)$$

Для «плоской задачи»

$$n = t+1 = 1, \quad \ldots\ldots (69)$$

и в расчетном уравнении (68) функция $\varphi_0(\xi)$ принимает вид[1]

$$\varphi_0(\xi) = ln\,\xi - \frac{1}{3}\xi^3. \quad \ldots\ldots (70)$$

§ 6. Уточненный способ интегрирования дифференциального уравнения неравномерного движения при прямом и обратном уклоне. Подставляя (30) и (33) в (28), получим:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i\left(1 - \frac{1}{\delta^2}\right)}{1 - \frac{\alpha i A^2}{g} \cdot \frac{B}{\omega} \cdot \frac{1}{\delta^2}}, \quad \ldots\ldots (71)$$

где для «степенного русла»

$$\frac{B}{\omega} = \frac{B_I h^t}{D h^n} = n h^{t-n} = \frac{n}{h}. \quad \ldots\ldots (72)$$

[1] Этот вид указан в нашем докладе, помещенном в Трудах Ноябрьской (юбилейной) сессии АН 1932 г., стр. 486.

Таким образом, вместо (71) находим:

$$\frac{dh}{ds}=\frac{i\left(1-\frac{1}{\delta^2}\right)}{1-\frac{\alpha i A^2}{g}\cdot\frac{n}{h\delta^2}}=\frac{i\left(1-\frac{1}{\delta^2}\right)}{1-\frac{\alpha i A^2}{h_0 g}\cdot\frac{h_0 n}{h\delta^2}}=\frac{i\left(1-\frac{1}{\delta^2}\right)}{1-\frac{c}{\eta\delta^2}} \quad . \; . \; . \quad (73)$$

где обозначено

$$c=\frac{\alpha i A^2 n}{g h_0}, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (74)$$

или

$$\frac{dh}{ds}=\frac{i\,(\delta^2-1)\,\eta}{\eta\delta^2-c} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (75)$$

Учитывая (43), вместо (75) имеем:

$$\frac{dh}{ds}=\frac{i\,(\eta^{2n}-1)\,\eta}{\eta^{2n+1}-c} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (76)$$

или

$$\frac{ids}{h_0}=\frac{\eta^{2n+1}-c}{\eta\,(\eta^{2n}-1)}\,d\eta=\frac{\eta^{2n}}{\eta^{2n}-1}\,d\eta-\frac{c}{\eta\,(\eta^{2n}-1)}\,d\eta \quad . \; . \; . \quad (77)$$

Для «плоской задачи», как указывалось выше, $n=1$, так что по (77) будем иметь:

$$\frac{ids}{h_0}=\frac{\eta^2}{\eta^2-1}\,d\eta-\frac{c}{\eta\,(\eta^2-1)}\,d\eta \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (78)$$

или

$$\frac{ids}{h_0}=d\eta-\frac{1}{1-\eta^2}\,d\eta-\frac{c}{\eta\,(\eta^2-1)}\,d\eta, \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (79)$$

что и интегрируем между сечениями *1—1* и *2—2* (см. черт. 5) причем найдем:

$$\frac{il}{h_0}=\eta_2-\eta_1-c\,ln\left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\cdot\frac{1-\eta_2}{1-\eta_1}\right)-(c+1)\,[\varphi(\eta_2)-\varphi(\eta_1)], \quad . \; . \; (80)$$

где φ есть функция (39).

Тот же способ уточненного интегрирования сохраняется, конечно, и для случая обратного уклона подстилающего слоя, на чем здесь не будем останавливаться, равно как и на применении указанного способа к «степенному руслу».

При дальнейшей разработке вопроса будет нетрудно выяснить в числовом выражении практическое значение изложенного уточненного способа; равным образом, легко рассмотреть и вопрос о некоторых упрощениях в полученных уравнениях (38) и (46). Кроме того, при последующей работе можно дать указания и о расчете кривых депрессии при турбулентном движении в «неправильных» грунтовых руслах.

§ 7. О практических приложениях гидравлической теории турбулентного движения грунтовых вод. Изложенная выше гидравлическая теория турбулентного движения грунтовых вод применима при разрешении весьма разнообразных вопросов практического

проектирования в области гидротехнического строительства. В первую очередь надо отметить, что полученные зависимости позволяют строить кривые депрессии в набросных плотинах как без экрана, так и с таковым при любых уклонах ($i \gtreqless 0$) подстилающего водонепроницаемого слоя. Те же расчеты могут иметь применение и при проектировании плотин, возводимых путем наброски камня в текущую воду.

Далее, приложение гидравлической теории турбулентного движения грунтовых вод может дать весьма полезные указания в вопросах притока грунтовых вод к водосборным галлереям и колодцам, заложенным в крупнозернистых грунтах, а также при расчете дрен, заполненных фильтрующим материалом из крупных камней, щебенки и т. д. (в последнем случае имеем равномерное движение).

Затем надо указать на случай движения воды в фильтрах гидротехнических сооружений и в фильтрационных галлереях плотин, на дренаж в теле земляных плотин и пр.

Наконец, предлагаемая теория позволит производить и некоторые расчеты, связанные с гидрогеологическими вопросами (построение кривых депрессии в крупнозернистых грунтах, определение фильтрационного расхода и т. д.), а также может найти применение в тех случаях, когда поток, являясь подземно-надземным, частично движется в отложениях гальки, камней и валунов.

Многие из указанных вопросов тесно связаны с гидротехнической стороной реконструкции Волги; в этом отношении особенно следует отметить такие, например, вопросы: плотины «смешанного» типа, постройка плотины наброской камня в текущую воду, фильтрационные галлереи и отверстия в гидротехнических сооружениях и пр.

ПРЕНИЯ

Инж. Бадер. Докладчик упускает один момент, что у нас при переходе к мелким грунтам число Рейнольдса перестает существовать, как реальная величина. Мы переходим к явлениям капиллярным, которые совершенно нарушают движение в смысле гидравлическом. У нас преобладающим моментом при этом становится сила капиллярная, сила волосности. Этот вопрос в докладе не освещен.

Инж. Мелещенко. Я очень кратко остановлюсь на докладе акад. Н. Н. Павловского.

У нас для движения воды в замкнутых полостях имеются две основных зависимости: закон Дарси для движения в мелкозернистом материале и закон Шези, который характеризует турбулентное движение. Грунт, как путь для тока воды, представляет собою все возможные градации: здесь возможен переход от закона Дарси, где скорость пропорциональна первой степени напора, к закону Шези, где скорость пропорциональна квардатному корню из напора.

Вопрос о принятии зависимости квадратного корня из напора — чрезвычайно спорный не только для движения воды в порах грунта, но даже и в более узких областях турбулентного движения, ибо осно-

вания квадратичной гидравлики недостаточно теоретически разработаны для того, чтобы говорить, что закон Шези является законом, точно выражающим явление.

Что касается движения в порах каменной наброски мелкозернистой, то, поскольку мне приходилось знакомиться с материалом различных авторов, я заметил, что очень немногими авторами принимается квадратичная зависимость. Если взять распространенную таблицу Хазена для скоростей фильтрации, то можно увидеть, что показатель будет в промежутке между $^1/_2$ и единицей.

То же самое касается и других формул, например, Форхеймера. Они дают выражение для скорости в виде многочленов. Наконец, есть много экспериментальных формул, которые полагают этот показатель переменным; работа С. В. Избаша, которую цитировал докладчик, тоже, мне кажется, не принимает закон Шези за доказанный, а для упрощения в этой формуле применен корень квадратный.

Поскольку акад. Н. Н. Павловский принял формулу Шези, мне на докладе останавливаться не приходится, так как выводы нам известны из курса гидравлики неравномерного движения. Я бы только указал, что докладчик, по моему, не совсем ясно оттенил, как он решает вопрос в наиболее важном для нас случае — для постройки плотин наброской в текущую воду. Там мы имеем дело не с медленно изменяющимся движением, а с быстро изменяющимся движением. Мне кажется, что здесь дело далеко не так просто, как не просто дело и с законом Шези.

Я бы сказал, что вообще этот вопрос не разработан; разработка его, конечно, очень своевременно начата акад. Н. Н. Павловским, но, если можно так выразиться, немножко не с того конца.

В докладе акад. Н. Н. Павловского я ожидал услышать теоретические соображения о механизме движения в порах наброски, что позволило бы нам выяснить более близко сущность этого явления и дало бы более богатый теоретический материал для рассмотрения этого явления. Поскольку закон Шези является, если не спорным, то во всяком случае недостаточно проработанным, то провести проработку интегрирования уравнения Бахметева, принимая неквадратичный закон сопротивления, — это было бы более обобщенным решением. Мое пожелание, чтобы на этом заседании было принято решение, которое отражало бы неразработанность вопросов турбулентного движения в порах наброски в указанном смысле и то направление, в котором следовало бы вести исследование.

Инж. А б р а м о в. Несомненно, что сопротивление в крупнозернистых грунтах подчиняется закону квадратного корня; поэтому их вполне можно объединять с известными нами сопротивлениями в других случаях (каналы и пр.).

Предложенный метод может практически дать очень многое. Однако, я думаю, что нужно было бы дать терминологию несколько более точную и осторожнее ее применять; нужно было бы говорить не просто о турбулентном движении, а об искусственно повышенном турбулентном, как мы говорим об искусственной шероховатости.

Инж. Избаш. Я хотел бы отметить лишь одно обстоятельство. Практическая пропорциональность сопротивлений при турбулентном режиме грунтовых вод именно квадрату скорости, как принято в заслушанном нами докладе, хорошо подтверждается теми опытами, которые были мною произведены в Гидротехнической лаборатории НИИГ (Ленинград), а также опытами в ЦНИС НКПС по тому же вопросу. То же обстоятельство подтверждается и недавними моими опытами с наброской из массивов, а равно и опытами, исполненными мною для случая фильтрации сквозь модель ряжей американского типа.

Акад. Н. Н. Павловский (*заключительное слово*). В самом заглавии моего доклада указано, что доклад этот относится к гидравлической теории турбулентного движения грунтовых вод, чем вполне определенно очерчивается и примененная мною методика. Сущность турбулентного движения грунтовых вод и сущность турбулентного движения в надземных потоках и трубах — одинакова, и потому на данном этапе не было надобности в предварительном изучении самого механизма турбулентного движения в крупнозернистых грунтах. Я считал весьма необходимым и полезным подвести уровень разработки рассматриваемого вопроса прежде всего хотя бы к тому уровню, на котором ныне находятся другие вопросы практической гидравлики (равномерное движение в каналах и напорных трубопроводах, неравномерное движение в открытых руслах и т. д.), учитывая, что по вопросу о турбулентном движении грунтовых вод до сего времени сделано весьма мало. Если мы проектируем каналы и напорные трубопроводы по формулам, основанным на обычных гидравлических представлениях о турбулентном движении воды, то ясно, что те же взгляды на первое время достаточны и по тому вопросу, которому посвящен мой доклад.

Инж. Мелещенко полагает, что разработка вопроса мною начата «немножко не с того конца». В связи с только что сказанным мною, отвечу, что работа моя вообще начата не «с конца», а с начала, и мною предложены в докладе формулы, которые вполне применимы для расчета, причем различные случаи их приложения кратко поименованы в конце доклада. Впрочем, в гидравлических вопросах могут быть два пути: один путь — тот, который предлагает (но почти никогда реально не выполняет) пересмотр сущности явления, исследование глубины его физического смысла и пр.; другой же путь стоит ближе к производственным нуждам и запросам, стремясь дать оперативные способы и формулы для расчета и не ожидая, пока будут решены более глубокие вопросы физики водного потока. Я нисколько не отрицаю, в разумных пределах, и первого пути и даже готов сделать вам более совершенный доклад, когда на этом пути будут получены реальные результаты, и мы с вами, лет через сто, соберемся вновь в этом зале.

Скажу теперь несколько слов по поводу «квадратичного закона» для гидравлических сопротивлений. Опять-таки, турбулентное движение грунтовых вод не является в этом смысле какой-то специфической областью гидравлики, которая требовала бы непременно подробного

выяснения этого закона. По квадратичным формулам ведется расчет каналов и трубопроводов, и никакой «чрезвычайной спорности» в этом вопросе нет: хорошо известно, что отступления от квадратичного закона сопротивления практически могут иметь значение для некоторых более гладких трубопроводов. Укажу хотя бы на формулы Скобея для деревянных и железных и стальных труб и на формулы Хазен-Вильямса для различных трубопроводов, хотя даже и для таких труб весьма часто расчет ведется по квадратичным формулам.

Ссылка инж. Мелещенко на таблицу Хазена и формулу Форхеймера мне непонятна, так как таблица Хазена по нескольким цифрам, конечно, не дает возможности судить о каком-либо законе и принять его в основу, а формула Форхеймера просто не имеет даже числовых коэффициентов. Известные мне опыты инж. Избаша дали практически квадратичный закон сопротивления при движении воды в крупнозернистых грунтах. Впрочем, конечно, можно сделать попытку установления расчетных формул для турбулентного движения грунтовых вод и при неквадратичном законе, для какого то, пока неизвестного, показателя $n < 2$. В связи с этим инж. Мелещенко говорит о «проработке интегрирования уравнения Бахметева», что просто непонятно: таким уравнением при рассмотрении турбулентного движения грунтовых вод я не пользуюсь.

Что касается вопроса о гидравлических расчетах при фильтрации в набросных плотинах, то, имея полчаса времени, я не мог, конечно, на этом вопросе останавливаться. Некоторые зависимости для таких плотин даны мною еще в 1932 г., причем зависимости эти в общем того же типа, как и для фильтрации в земляных плотинах, но, разумеется, основаны не на линейном, а на квадратичном законе сопротивления. Гидромеханическое рассмотрение этого вопроса в настоящее время еще не представляется мне возможным (при турбулентной фильтрации).

Теперь несколько слов по поводу замечания инж. Мелещенко о том, что ему выводы «известны из курса гидравлики неравномерного движения». Могу лишь пожалеть, что беспричинный полемический жар заставил инж. Мелещенко сделать это несоответствующее действительности замечание. Достаточно лишь просмотреть формулы, помещенные, например, в пп. 5 и 6, чтобы видеть, насколько они отличаются от формул для открытого русла; некоторая общность других формул доклада с формулами открытого русла, конечно, и должна иметь место, так как в обоих случаях мы имеем неравномерное турбулентное движение. Известных выводов, как все здесь слышали, я в своем докладе касался лишь весьма кратко, насколько то было необходимо для ясности изложения.

По поводу замечания т. Бадера об учете капиллярных сил укажу, что эти силы могут иметь практическое значение при ламинарном режиме (в мелкозернистых грунтах), при турбулентном же режиме в учете этих сил я не вижу необходимости.

Председатель (акад. В. Е. Веденеев). Позвольте внести такое предложение: отметить, что доклад акад. Н. Н. Павловского о гидравли-

ческой теории турбулентного движения является крупным шагом вперед в теории турбулентного движения грунтовых вод (до сих пор в нашей практике очень часто в этом вопросе не производилось никаких расчетов) и пожелать, чтобы проектировщики учли эту теорию при проектировке сооружений Средней и Нижней Волги. В дальнейшем эта теория должна быть подкреплена соответствующими лабораторными работами, которые сделают ее более легко применимой в различных случаях, встречающихся на практике. Возражений нет? Позвольте считать принятым (*предложение Председателя принимается*).

Разрешите передать председательствование акад. Н. Н. Павловскому.

Акад. Н. Н. Павловский. Слово имеет С. В. Избаш для доклада о фильтрационных деформациях грунта.

С. В. ИЗБАШ

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТА

Когда речь идет о движении воды через грунты, гальку или даже насыпи из каменной наброски, строитель гидротехнических сооружений чаще всего имеет дело со следующими основными явлениями:

1. Расходом фильтрационных вод, проходящих через слой материала при ламинарном, турбулентном или переходном режиме течения; структура материала остается постоянной.

2. Изменением структуры всего слоя материала. Однако иногда обнаруживается некоторая закономерность, в средней потере напора, приходящейся на погонный метр, т. е. изменение проницаемости по мере того как грунтовые воды заполняют или же расширяют промежутки между зернами, оказывается практически равномерным по длине. Это явление было констатировано в СССР в случаях, когда приходилось откачивать котлованы, изолированные перемычкой.

3. Кольматажем промежутков материала; мелкие частицы, несомые фильтрационным потоком, образуют род «маски» у самого входа воды в грунт и вызывают неравномерную по длине потерю напора. Изменение коэффициента фильтрации является неравномерным по длине слоя, случай, с которым чаще всего приходится встречаться на практике. В последующем изложении мы будем называть это явление «неравномерной фильтрационной деформацией».

4. Выносом частиц одного материала через слой, смежный с другим материалом. Мы имеем дело с этим явлением в плотинах смешанного типа, состоящих из насыпи из каменной наброски и верхового клина из глинистого грунта. Приведем еще дренажную отсыпь из гальки, предназначенную для собирания фильтрационных вод и устраиваемую с низовой стороны некоторых гидротехнических сооружений, как пример части сооружения, в которой может происходить вынос материалов одного слоя в другой.

5. Выпором грунта с низовой стороны плотины «фильтрационными силами».[1]

Таким образом, автор на данном этапе исследования различает пять типов деформаций, вызванных фильтрацией, т. е. фильтрационных деформаций, которые могут развиваться различным образом. В первом из упомянутых выше случаев деформацию испытывает только вода, заполняющая промежутки материала. Это явление может быть названо гидравлической фильтрационной деформацией. Деформация последнего типа, т. е. выпор всего материала, представляется наиболее полной деформацией.

До сих пор фильтрационные деформации были в некоторой мере исследованы только в отношении выпора грунта с низовой стороны плотины. В отношении других типов мы имеем лишь некоторые соображения Koechlin'a.

Докладчик, делая попытку, со своей стороны, сделать посильный вклад в изучение некоторых явлений, имеющих отношение к фильтрации, предполагает вести свое изложение по следующему плану:

a) Гидравлическая фильтрационная деформация.

b) Равномерная фильтрационная деформация.

c) Неравномерная фильтрационная деформация (запливание).

d) Фильтрационная деформация двух смешанных и разнородных слоев материала.

a) Гидравлическая фильтрационная деформация (при постоянной структуре материала).

Рассмотрим проницаемый материал, состоящий из каких-либо частиц, напр., глины, песка, гравия или камня, через который проходит поток воды. Независимо от режима движения воды (ламинарного, переходного или турбулентного) можно предполагать, что потеря напора воды в фильтрующем слое будет:

$$P_w = a \cdot D^x \cdot \mu^y \cdot \delta^z \cdot u^m \cdot l \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

где:

P_w — потеря напора воды,

a — безразмерный коэффициент,

D — характеристическая крупность частиц,

μ — коэффициент вязкости,

δ — масса единицы объема (воды),

u — средняя эффективная скорость воды в порах или действительная скорость,

l — длина фильтрующего слоя.

Принимая во внимание условия размерности, получаем:

$$\frac{M \cdot L}{T^2 \cdot L^2} = a \cdot L^x \left[\frac{M}{LT}\right]^y \cdot \left[\frac{M}{L^3}\right]^z \cdot \left[\frac{L}{T}\right]^m \cdot L \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

[1] Понятие и термин — фильтрационные силы — даны акад. Н. Н. Павловским.

или

$$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2} = a \cdot L^{x-y-3z+m+1} \cdot M^{y+z} \cdot T^{-(y+m)}$$

Что касается условий собственно размерности, то мы видим, что для удовлетворения их в данном случае необходимо и достаточно иметь следующее:

$$\left.\begin{aligned} x - y - 3z + m = x - y - 3z + m = -1 \\ y + z = 1 \\ -(y + m) = -2 \end{aligned}\right\}$$

Из уравнений (2) мы получаем:

$$\left.\begin{aligned} x &= m - 3 \\ y &= 2 - m \\ z &= m - 1 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Таким образом уравнение (1) эквивалентно следующему:

$$\frac{P_w}{l} = aD^{m-3} \mu^{2-m} \delta^{m-1} u^m \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Если Δ и g соответственно означают вес единицы объема и ускорение силы тяжести, то мы имеем

$$\delta = \frac{\Delta}{g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

И так как

$$u = \frac{v}{p}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

где

v — скорость фильтрации,

p — коэффициент порозности или пустот,

то уравнение для настоящего случая будет иметь следующий вид

$$\frac{P_w}{\Delta l} = I = \left(\frac{a}{g^{m-1}}\right) \cdot \left(\frac{\mu}{\Delta}\right)^{2-m} \cdot p^{-m} \cdot D^{m-3} \cdot v^m, \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

где I потеря напора на единицу длины линии фильтрации. Обозначим через

$$\nu_0 = 1000 \frac{\mu}{\Delta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

и через

$$C_0 = 1000^{\frac{2-m}{m}} \left[\frac{g^{m-1}}{a}\right]^{\frac{1}{m}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Прежде всего мы легко можем видеть, что ν_0 означает кинематический коэффициент вязкости, умноженный на 1000. Далее мы пока-

жем, что C_0 для фильтрации воды в материалах имеет то же значение, как хорошо известный коэффициент Шези формулы равномерного движения в каналах и трубах.

Действительно, согласно уравнений (8) и (9), уравнение (7) примет следующий вид:

$$I = \frac{v^m}{C_0{}^m \cdot p^m \cdot \nu_0{}^{m-2} \cdot D^{3-m}},$$

т. е.

$$v = C_0 \cdot p \sqrt[m]{\nu_0{}^{m-2} \cdot D^{3-m} I} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Мы получили общую формулу равномерного движения жидкости, характеризуемой коэффициентом ν_0, в проницаемом материале, состоящем из частиц D и имеющем коэффициент порозности p.

Среди гидравлических движений, вызываемых разницей напора на границах фильтрующего слоя, мы прежде всего должны различать два главных класса:

Движения ламинарные, когда можно считать

$$m = 1,$$

и движения турбулентные, когда

$$m = 2.$$

Введение первой величины в формулу (10) даст

$$v = \frac{C_0 \cdot p}{\nu_0} \cdot D^2 \cdot I$$

при

$$\frac{C_0 \cdot p}{\nu_0} D^2 = k$$

где k коэффициент фильтрации; это приводит нас к следующему

$$v = kI,$$

т. е. хорошо известному закону Дарси. Во втором случае мы будем иметь:

$$v = C_0 \cdot p \cdot \sqrt{DI} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Построение формулы (11) аналогично формуле Chezy — обстоятельство, которое мы желали бы отметить.

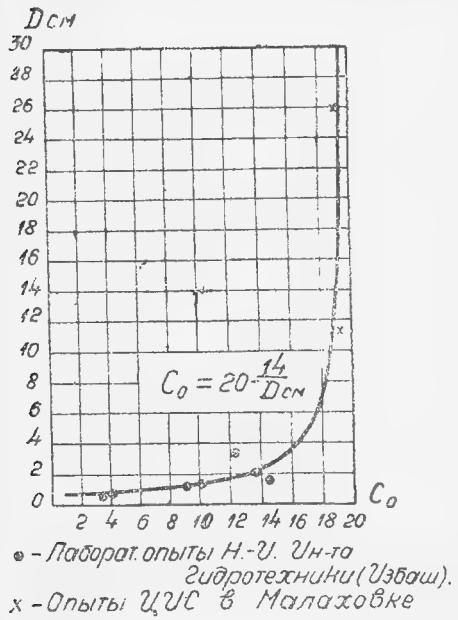
Наконец, мы должны показать, как вышеуказанные соображения были проверены экспериментальным путем при исследованиях, которые мы под руководством акад. Н. Н. Павловского произвели в Гидротехнической лаборатории № 1 Ленинградского научно-исследовательского института гидротехники (1931).

Вот результаты некоторых опытов:

Если скорость фильтрации v выразить в сантиметрах в секунду и D, диаметр частиц (приведенных к шару), в сантиметрах, формула (10) дает для C_0 величины, показанные [1] на фиг. 1.

Опыты, произведенные в 1931 г., были доведены до величины D, равной 5.75 см.

После опубликования результатов вышеуказанных исследований и формулы (12а), о которой будет речь ниже, инженер Срибный определил при помощи установки в Малаховке (близ Москвы), — установки, приближающейся к условиям работы плотины из наброски в натуре, величину C_0 нашей формулы (11) для материала с $D = 11.27$ и 26.20 см (см. точки $\times\times$ фиг. 1). Как можно видеть по данным фиг. 1, полученные этим исследователем результаты прекрасно согласуются с приведенной выше кривой, полученной при помощи формулы (12а), поскольку интервал исследования здесь относился к турбулентной фильтрации.



Фиг. 1.

Фиг. 2 показывает изменение величины m, полученной из той же формулы 10. Рассматривая кривые (фиг. 1 и 2), можно легко констатировать, что с увеличением D, начиная с известной величины, c_0 и m почти постоянные величины, если интервал исследования относится к турбулентной фильтрации.

Таким образом, мы имеем дело с асимптотой такого же характера, как в формуле Базена (Bazin)

$$\frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}},$$

где мы имеем асимптотическое приближение к величине 87.

Желая скорее перейти к рассмотрению других типов фильтрационных деформаций и имея в виду интересы практики, в которой до сих пор чувствуется недостаток экспериментальных величин для вычисления расходов фильтрационных вод через насыпи из гальки и каменной наброски, [2] — мы ограничимся приведением нескольких эксперимен-

[1] Благодаря множителю $1000^{\frac{2-m}{m}}$ формулы (9) мы получили возможность изобразить в виде одной кривой величины C_0, относящейся с одной стороны, к крупности зерен в 0.10 мм и ламинарному режиму и, с другой стороны, к каменной наброске ($D = 262$ мм) и турбулентному режиму. Однако практический интерес этот график имеет на интервале турбулентной фильтрации.

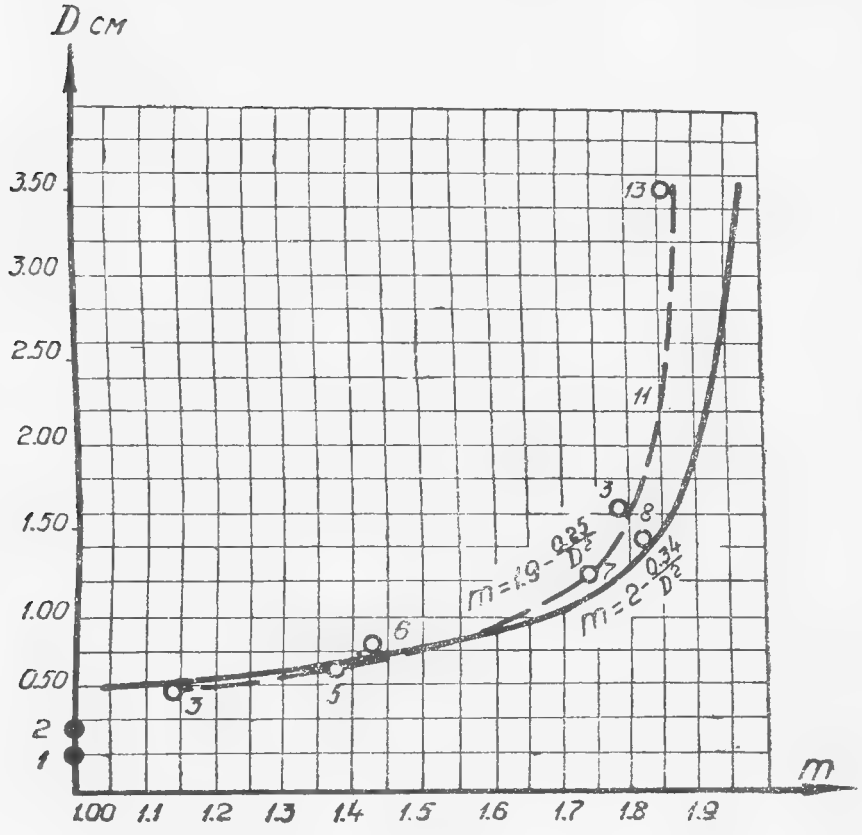
[2] Практически однородной крупности, часто встречающейся в гидротехнических сооружениях (искусственных).

гальных формул, относящихся к материалам достаточно большой крупности, не останавливаясь на некоторых других наших исследованиях.[1]

Вот эти формулы:

$$c_0 = 20 - \frac{14}{D\ cm} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12a)$$

$$m = 2 - \frac{0.34}{D^2\ cm} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$



Фиг. 2.

На кривых фиг. 1 и 2 можно видеть те предельные величины крупности D, для которых применимы формулы (12); а также те пределы, в которых для упрощения расчета при наличии турбулентной фильтрации можно полагать $m = 2$.

Мы исследовали далее движение воды через грунты различных типов, применяя микро-кинематографический метод. Иначе говоря, мы применили специальную установку, дающую возможность ввести в нее образец (над которым производятся опыты по фильтрации) и непосред-

[1] Таковые относятся как к исследованию фильтрации в материалах новой и различной крупности, так и к вопросам неравномерного движения через проницаемые ряжи, частично загруженные камнем, равно как к выяснению функциональной зависимости C_0 от числа Рейнольдса и критических значений этого последнего.

ственно фиксировать на кино-пленку течение воды и изменения структуры этого образца. Все это одновременно увеличенное при помощи микроскопа.[1]

На основании результатов, полученных посредством микро-кинематографического метода, мы должны рассматривать грунт, пронизанный потоком воды, как изменяемую систему, промежутки которой заполнены не только водой, но также еще и воздухом.

Фильмы дают возможность представить себе характер течения воды через грунт в натуре. В общем случае фильтрация это — движение воды, увлекающее твердые и газообразные частицы и деформирующее первоначальную структуру грунта.

Прежде чем перейти к различным типам фильтрационной[2] деформации, мы должны показать модель грунта, которой мы воспользовались при нашем анализе.

По Darcy скорость фильтрации равна

$$v = p \cdot u = kI \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

или

$$u = \frac{k}{p} \cdot I \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

С другой стороны, опыты Пуазеля (Poiseuilles) показали, что в трубах чрезвычайно малого диаметра d скорость будет:

$$u = \frac{\Delta}{32\,\mu} \cdot d^2 \cdot I = \frac{\Delta}{8 \cdot \pi \cdot \mu}\,\omega \cdot I, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

где ω сечение капилляра.

Сравнивая это последнее уравнение с формулой (14), мы получим

$$k = \psi \cdot p \cdot \omega \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

и еще

$$u = \psi \cdot I \cdot \omega, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

где $\psi = \frac{\Delta}{8 \cdot \pi \cdot \mu}$ — коэффициент, зависящий от природы жидкости.

Формула (16) дает соотношение, существующее между коэффициентом фильтрации k, коэффициентами, которые зависят от природы жидкости и порозности (ψ и p) и величиной ω, которую мы называем площадью сечения эффективной фильтрационной струйки.

На основании уравнения (16) мы можем в настоящем исследовании рассматривать схематическую и упрощенную модель A (фиг. 3), как гидравлически эквивалентную действительному грунту B.

[1] Докладчик иллюстрирует свой доклад фильмом. См. также Л. И. Козлова «Микро-кинематографический метод исследования фильтрац. деформ..», Известия НИИГ, т. X.

[2] Т. е. вызванной фильтрацией.

В ряде исследований мы пытались уточнить влияние действительной скорости в поре на деформацию сечения эффективной фильтрационной струйки.

b) Равномерная фильтрационная деформация.

Прежде всего мы исследовали равномерную фильтрационную деформацию, т. е. деформацию, которая имеет место, когда средняя на единицу длины потеря напора и площадь сечения эффективной фильтрационной струйки, в каждый данный момент, являются постоянными по длине струйки.

Если u' есть скорость влечения твердых и газообразных частиц и η содержание частиц в воде, соответствующее скорости $u' = 1$, то весь объем твердых и газообразных частиц, выносимых течением в секунду, будет:

$$W = \eta \cdot u' \qquad (18)$$

Фиг. 3.

Объем твердых и газообразных частиц, которые отложились или вынесены в промежуток времени dt, будет

$$W \cdot dt. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

С другой стороны, изменение объема фильтрационной струйки будет

$$d\omega \cdot l. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

Итак, мы имеем следующее условие:

$$W dt = d\omega \cdot l. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

На основании уравнения (18) мы можем написать уравнение (21) в следующей форме:

$$\eta \cdot u' \cdot dt = l \cdot d\omega. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

Многочисленные опыты, произведенные Darcy над влечением воды через песчаные слои, и, с другой стороны, опыты Терцаги над фильтрацией в глинистых грунтах показали, что линейная потеря напора изменяется прямо пропорционально скорости воды. Таким образом, естественно предположить, что скорость выноса также изменяется прямо пропорционально действительной скорости u, т. е.

$$u' = \xi \cdot u, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

где ξ коэффициент пропорциональности.[1]

Соединяя условия (21) и (22), мы приходим к формуле:

$$\eta \xi \cdot u \cdot dt = l \cdot d\omega \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (24)$$

[1] Подобная зависимость находит свое подтверждение и в опытах швейцарского исследователя Hugentobler'a.

Если мы условимся обозначать через ε

$$\frac{\eta \cdot \xi}{l} = \varepsilon$$

— коэффициент равномерной фильтрационной деформации, мы придем к общей формуле

$$\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon \cdot u \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (25)$$

Это последнее выражение показывает, что чем больше увеличивается действительная скорость u, тем больше возрастает скорость деформации $\left(\frac{d\omega}{dt}\right)$.

Опыты, о которых мы будем говорить ниже, показали, что коэффициент равномерной фильтрационной деформации зависит от структуры грунта, содержания твердых и газообразнх частиц в воде и величины действительной скорости в поре; при этом, во многих случаях можно принять, что

$$\varepsilon = \varepsilon_c - \frac{a}{u} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (26)$$

где ε_c и a могут быть названы параметрами равномерной фильтрационной деформации.

Связь, существующая между параметрами ε_c, a и величиной, которую можно назвать предельной скоростью выноса, т. е. u_e может быть определена следующим образом.

Для $u = u_e$ мы имеем $\varepsilon = 0$, так как деформации не происходит. Подставляя в выражение (26) величину $\varepsilon = 0$, получаем:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_c &= \frac{a}{u_e} \\ a &= \varepsilon_c \cdot u_e \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (27)$$

или же

Таким образом, имеем

$$\varepsilon = \varepsilon_c - \frac{\varepsilon_c u_e}{u} = \varepsilon_c \frac{u - u_e}{u} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (28)$$

Мы проверили экспериментальным путем изложенные выше соображения для того частного случая, когда движение воды, вызывающее равномерное по длине фильтрационное уплотнение, определяется постоянной разностью напоров.

Когда речь идет об отложении, изменение сечения эффективной фильтрационной струйки $d\omega$ отрицательно; линейная потеря напора для случая равномерной деформации постоянна.

Для данного случая общее уравнение (25) принимает следующий вид:

$$-\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon \cdot u \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (29)$$

Подставляя в (29) величину ε, данную (28), мы получаем:

$$-d\omega = \varepsilon_c \frac{u - u_e}{u} u dt = \varepsilon_c (u - u_c)\, dt \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (30)$$

Уравнение (17), как мы видели уже, было

$$u = \psi \cdot I \cdot \omega;$$

мы переходим к формуле

$$u_e = \psi \cdot I \cdot \omega_c. \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (31)$$

Из уравнений (17), (30) и (31) вытекает, что

$$\frac{d\omega}{\omega - \omega_c} = \varepsilon_c \cdot \psi \cdot I \cdot dt \quad \ldots \ldots \ldots \quad (32)$$

Интегрирование дифференциального уравнения (32) дает:

$$\varepsilon_c \cdot \psi \cdot I \cdot (t - t_0) = \lg_{\text{nat}} \frac{\omega_0 - \omega_c}{\omega - \omega_c}, \quad \ldots \ldots \quad (33)$$

где t_0 и ω_0 соответствуют какому-либо первоначальному моменту; ω_c площадь сечения эффективной фильтрационной струйки, когда грунт в результате фильтрации достигает состояния равновесия.

В действительности в большинстве случаев можно допустить, что величины ψ и p являются практически постоянными.

В этом случае по уравнению (16) мы получаем:

$$\varepsilon_c \cdot \psi \cdot I \cdot (t - t_0) = \lg_{\text{nat}} \frac{k_0 - k_c}{k - k_c} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (34)$$

Фиг. 4 иллюстрирует несколько результатов экспериментальной проверки этого последнего выражения, сделанной (принимая различные предосторожности, о которых мы здесь не можем говорить подробно)[1] на шести образцах грунтов различных категорий.

Точки на кривых фиг. 4, построенных при помощи формулы (34), представляют данные опытов.

c) Неравномерная фильтрационная деформация (кольматаж, заиливание).

Очевидно, в случае неравномерной деформации рассуждение придется вести несколько иным способом, но самый ход его будет тем же, как и в предшествующем случае. Постараемся изложить его как можно короче.

Возьмем эффективную фильтрационную струйку (фиг. 5), в которой dx будет расстояние между сечениями *1* и *2*.

Объем твердых частиц (песка или ила), которые входят в сечение *1—1* в период времени dt будет

$$w \cdot dt.$$

В то же самое время из сечения *2—2* выйдет

$$\left(w - \frac{dw}{dx} dx\right) dt.$$

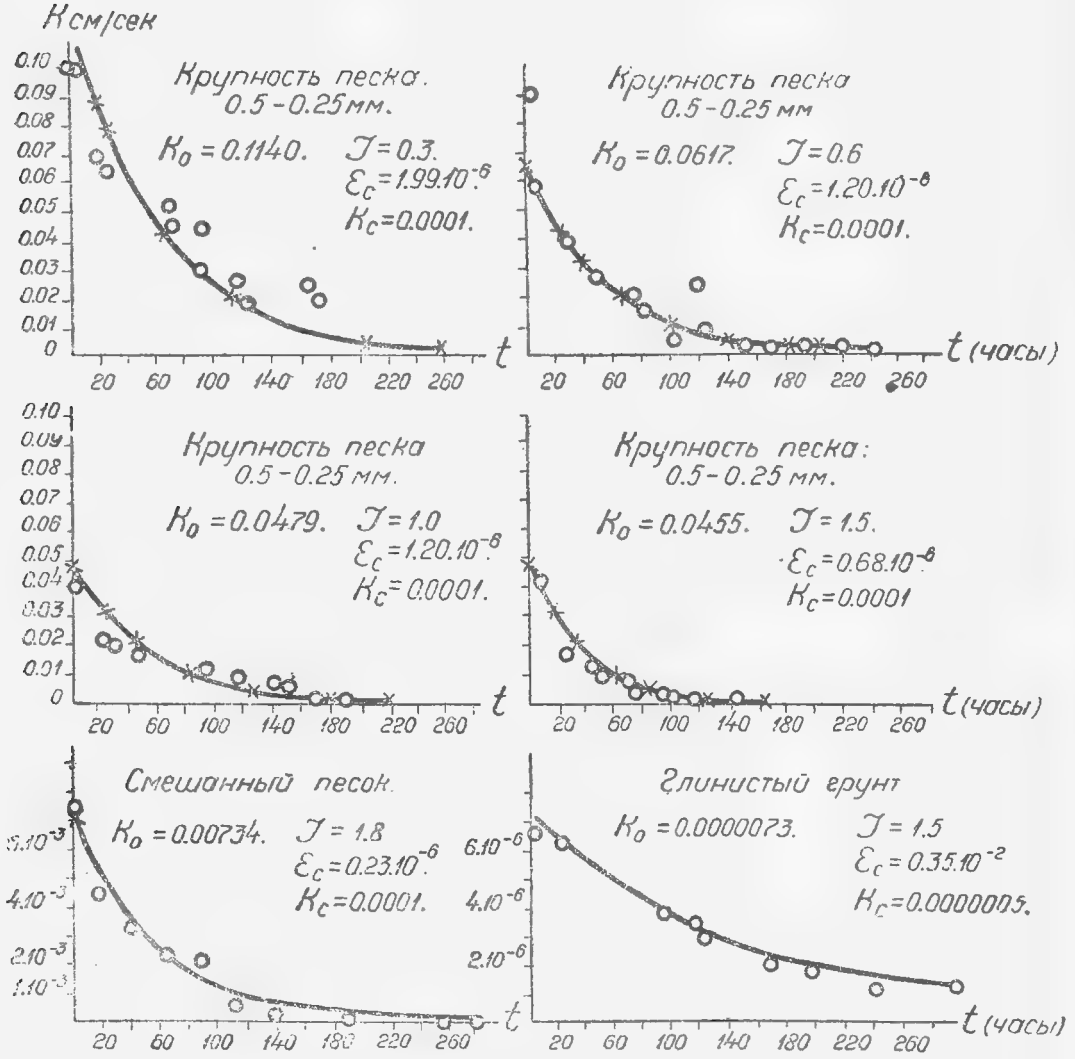
[1] См. О. П. Горский. Экспериментальное исследование равномерной фильтрационной деформации. Известия НИИГ, т. X.

Отложение между сечениями *1* и *2*:

$$w dt - \left(w \frac{dw}{dx} dx\right) dt = \frac{dw}{dx} dx \cdot dt.$$

С другой стороны, изменение объема фильтрационной струйки в промежуток времени dt будет

$$\frac{d\omega}{dt} \cdot dt \cdot dx.$$



Фиг. 4.

Итак мы получаем следующее уравнение:

$$\frac{dw}{dx} \cdot dx \cdot dt = \frac{d\omega}{dt} dx \cdot dt \quad \ldots\ldots\ldots \quad (35)$$

Подставляя в (35) величину w, данную уравнением (18), получаем:

$$\eta \cdot \frac{du'}{dx} + u' \frac{d\eta}{dx} = \frac{d\omega}{\ldots} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (36)$$

уравнение, которое мы можем назвать дифференциальным уравнением заиливания (первая форма).

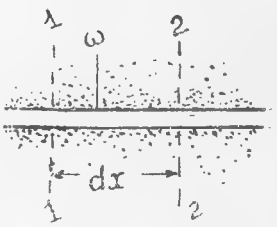
Если принять для данной жидкости и грунта

$$\eta = \text{const}$$
$$u' = \xi \cdot u,$$

мы придем ко второй форме уравнения заиливания

$$\frac{d\omega}{dt} = A \frac{du}{dx}, \qquad (37)$$

где $A = \eta \cdot \xi$ коэффициент заиливания.



Фиг. 5.

При помощи уравнения St.-Venant и основываясь на некоторых соображениях, которые мы здесь не будем приводить, мы можем уравнению (37) придать следующую форму:

$$\frac{dk}{dt} = \frac{k}{p}\left[\left(1 - A \cdot \psi \cdot \frac{p}{k}\right)\frac{dp}{dt} + A \cdot \psi \frac{dh}{dx}\frac{dp}{dx}\right], \quad \ldots \quad (38)$$

которая дает возможность проверить это уравнение экспериментальным путем.

Нам удалось спроектировать для этого довольно удовлетворительное приспособление, к которому мы еще вернемся после того, как подвергнем его качества более продолжительной проверке.

d) Фильтрационная деформация двух слоев материалов, смежных и разнородных

Как мы уже говорили в начале нашего доклада, настоящая деформация может часто иметь место в гидротехнических сооружениях.

Сначала мы хотели представить себе, каким образом она происходит. Для этой цели мы употребили два способа.

Во-первых, микро-кинематографический метод, давший удовлетворительное средство для подробного исследования настоящего явления.

Увеличение фильм дало возможность определить роль воздуха в перемещении зерен песка в слое гальки. Действием гидродинамического давления пузырек воздуха, защемленный в порах пронизанного фильтрующим потоком грунта, может быть раздавлен и вызвать значительные разрушения в структуре окружающей его зоны.

Во-вторых, по нашим указаниям был сконструирован [1] следующий прибор (см. фиг. 6).

Он состоит из цилиндра A, снабженного массивной решеткой. Этот цилиндр связан при помощи трубопровода B с напорным бассейном, снабжающим прибор водой. При помощи одного конца рычага 1-го рода CDE (плечи которого: $CD = 1500$ мм, $DE = 150$ мм

[1] Инженером Л. И. Козловой, проведшей и изложенные ниже опыты. См. также Л. И. Козлова «Экспериментальное исследование фильтрационной деформации двух смежных и разнородных слоев грунта». Известия НИИГ, т. XIV.

длины) можно произвести нормальное вертикальное сжимающее усилие, величина которого на единицу поверхности достигает 5 кг/см², и подвергнуть ему пару образцов, заключенных в цилиндре.

Другой конец рычага снабжен микрометром со шкалой; наличие шкалы и увеличение абсолютной величины осадки на конце C рычага в 10 раз — позволяют отсчитывать осадку с точностью до 0.01 мм.

Минимальная осадка, показывающая начало выноса частиц песка через слой смежного материала, может быть установлена при помощи специального электрического контакта.

Приведем теперь три главных результата первых серий опытов, предпринятых с целью выяснения характера исследуемой деформации:

а) Как во всех других случаях, начало настоящей деформации определяется достигнутой величиной скорости.

б) Влияние сжимающих усилий (от 0.2—5 кг/см²) на величину предельной скорости незначительно (поскольку нагрузка такова, что предотвращает общий выпор образца).

в) Величина предельной скорости есть функция структуры и крупности зерен в смежных слоях.

После этого предварительного исследования природы явления мы попытались для практических целей установить эмпирическое выражение такой формы, которая давала бы возможность определения величин предельной скорости деформации сначала для однородных песков и гальки.

На основании некоторых соображений мы пришли к следующему выражению

$$v_d = v_0 + f\left(\frac{d^2}{D^2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (39)$$

или

$$v_d = v_0 + B'\left(\frac{d^2}{D^2}\right) + B''\left(\frac{d^2}{D^2}\right)^2 + B'''\left(\frac{d^2}{D^2}\right)^3 + \ldots \quad . \quad . \quad . \quad (40)$$

или, ограничиваясь в первом приближении первыми двумя членами, имеем:

$$v_d = v_0\left(1 + E\frac{d^2}{D^2}\right), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (41)$$

где:

v_d — скорость фильтрации, отвечающая началу деформации.

v_0 — скорость фильтрации, отвечающая деформации при отсутствии верхнего слоя гальки ($D = \infty$),

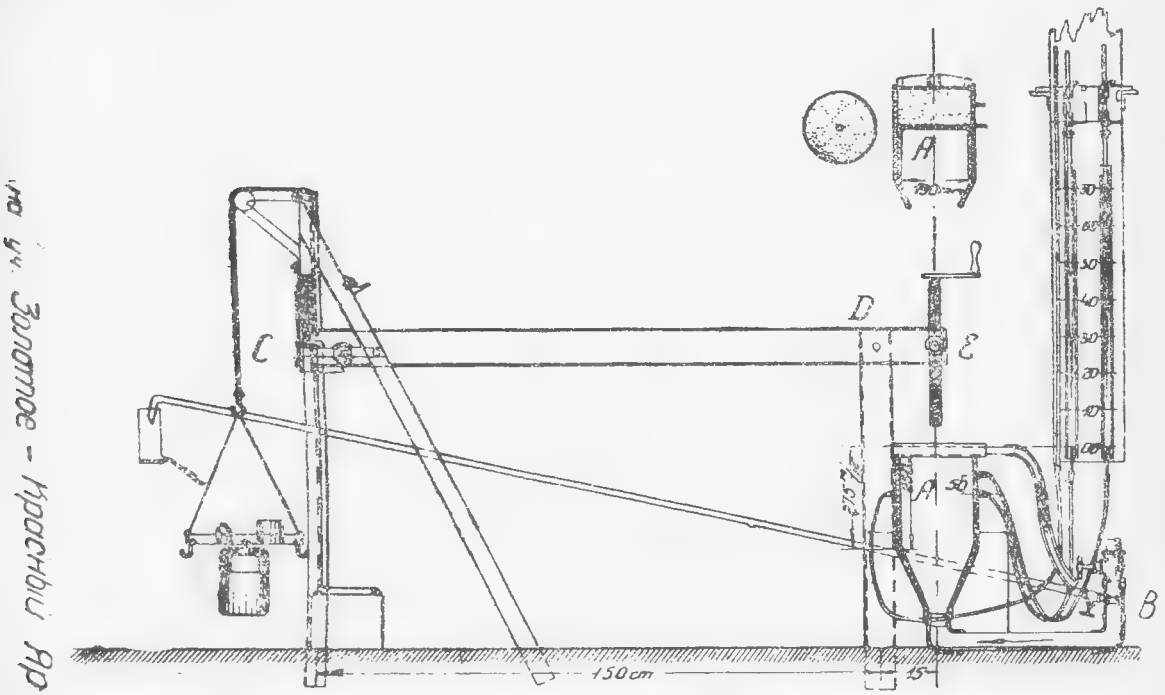
E — коэффициент,

d — величина зерен песка,

D — величина зерен гальки.

Таким образом мы видим, что так как в формулу (41), подтвержденную, как мы убидим далее, опытом, входит $\frac{d^2}{D^2}$, то при расчете фильтров с точки зрения деформации, повидимому, нужно принимать во внимание именно отношение квадратов крупности зерен (площадей сечения зерен).

Форма выражения (41) была проверена экспериментальным путем. Фиг. 7 показывает полученные результаты: если по осям координат откладывать значения v_d и $\frac{d^2}{D_2}$, то согласно формуле (41) все точки будут расположены по прямой линии. Это обстоятельство с удивительной для такой сложной среды, как грунт, определенностью подтвердилось опытами для того интервала, в котором было приведено исследование.



Фиг. 6.

Мы должны еще сделать следующее замечание. Применяя формулу (41) для

$$d = D,$$

мы придем к уравнению

$$v_d = v_0(1 + E), \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (42)$$

а не к величине

$$v_d = \infty,$$

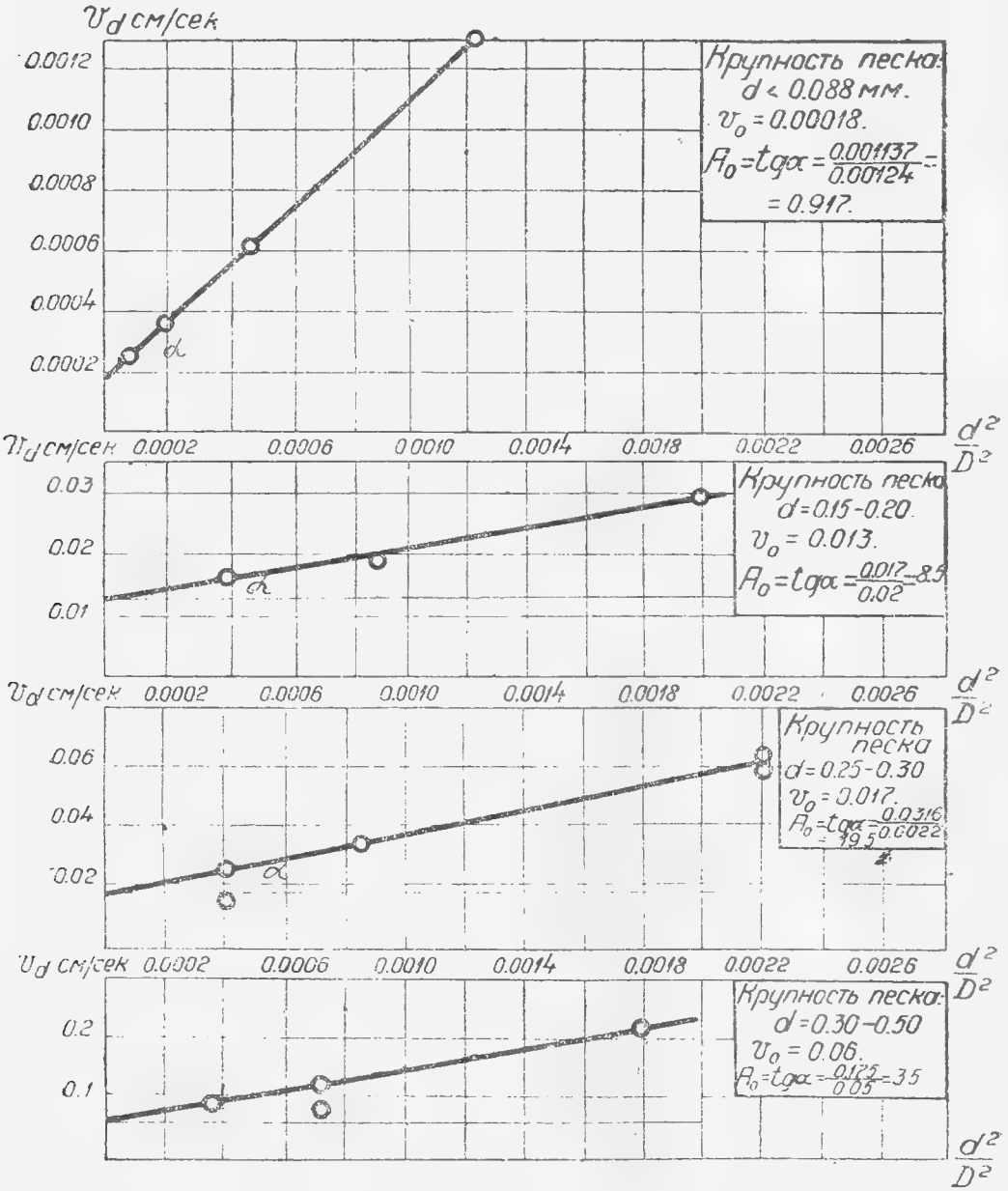
которую можно было бы ожидать, если бы мы не пренебрегли рядом членов уравнения (40). Но по уравнению (42) величина v_d так велика, что практически можно считать ее бесконечной величиной.[1]

[1] Мы имеем дело с таким же фактом, например, в формуле Базена $\frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$.

Подставляя $R = \infty$, мы получаем очень большую величину, но не бесконечную, как это можно было ожидать.

На основании некоторых дополнительных соображений и результатов опытов, которые мы здесь не можем приводить подробно, можно написать выражение (41) в такой форме, которая может быть легко использована для расчета фильтров.

$$v_d = \alpha d^2 \left(1 + \beta \frac{d^2}{D^2}\right), \quad \ldots \ldots \ldots \quad (41)$$



Фиг. 7.

где:

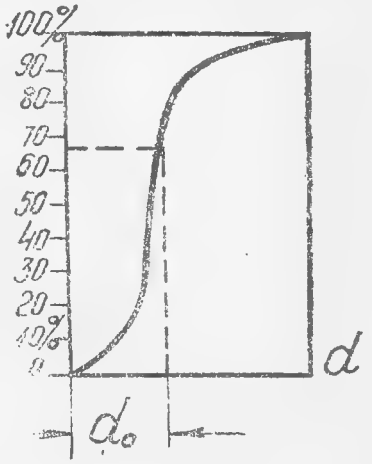
$\alpha = 0.26$ для скорости v_d, выраженной в сантиметрах в секунду,
d — величина зерен песка в мм,
β — коэффициент равный 1 000.
D — крупность зерен однородной гальки.

В случае неоднородности песка (в пределах $\frac{d_0}{d_{ef}} = 1.4 - 3.5$), как показали наши исследования, в формулу (41) должен быть введен диаметр d_0 (см. фиг. 8).

Остается еще много неисследованных вопросов, относящихся к фильтрационной деформации. Но в настоящий момент мы были бы удовлетворены, если бы это сообщение, при всей его неполноте все же могло бы способствовать приближению к действительному познанию природы фильтрации.

ПРЕНИЯ

Инж. Травкин. В своем докладе С. В. Избаш пришел к выводу о малом влиянии поверхностной нагрузки на вынос сыпучих грунтов. Это правильно в небольших моделях. Что касается больших моделей, то здесь будет иметь влияние пригрузка со стороны поверхности, ибо пограничные условия влияют и в песчаных, сыпучих грунтах; глинистые грунт так пластичны, что там бесспорно пригрузка имеет значение.



Фиг. 8.

Теперь по поводу того, что мы видели на фильме. Здесь глина работала на подобие маленькой балочки. Эта балочка под влиянием сил снизу разрушалась, но деформации по отношению к фильтрации мы здесь не наблюдали.

Очевидно, опыты не были длительными. Если бы опыты были произведены с меньшими градиентами, но при большей длительности, например 3—4 месяца, то можно было бы проследить деформацию в глинистых грунтах, причем она была бы сильнее при отсутствии внешней силы.

Дальнейшей задачей должно быть изучение изменения грунта при наличии сверху пригрузки и пластичности грунта. Это важно для плотин малого и большого напора. Изучение подобных грунтов и изменения их свойств из-за фильтрации имеет большое значение, ибо просто сыпучие грунты имеют значение только для дамб, и то для безэкранных.

Кроме того было бы желательно поставить опыты для выяснения того, как реагирует глинистый экран под влиянием сил фильтрации, ибо мне пришлось на одной немецкой реке видеть дамбу, где экран рассосался в сторону дамбы.

Инж. Семенов. Мне кажется, что доклад С. В. Избаша представляет очень большой интерес, но материалы, которые он собрал, заслуживают бо́льшей проработки для их оценки, чем это сейчас можно сделать на основании краткого доклада. Поэтому трудно сейчас говорить, в какой степени те или иные положения или выводы, а также условия эксперимента, являются правильными или неправильными.

Мне хотелось бы отметить одно обстоятельство, имеющее большое значение, именно, следовало бы провести такие же эксперименты, о которых докладывалось, с идеальной моделью грунтов. Если взять чистые, хорошо отсортированные, отмытые пески определенного диаметра фракции и подвергнуть их испытанию чистой же водой, тогда, по всей вероятности, будет возможно получить некоторые экспериментальные данные по явлению суффозии, которое представляется для гидротехников неясным. То, что докладчик взял некоторый комплекс загрязненных песков и воды и принял чудовищные напоры, которых не бывает в природе, — не вполне убедительно и не совсем ясно характеризует элементы явлений.

Выявление самой суффозии и законов ее является основным и представляет большое значение. Повторяю, мне кажется, что этот опыт нужно поставить с идеальной моделью, чистой водой и чистыми песками, причем надлежит брать близкие к действительности напоры для того, чтобы получить выводы, имеющие практическое значение.

С. В. Избаш (*заключительное слово*). Разрешите остановиться на некоторых замечаниях, которые были сделаны в отношении фильтрационной деформации в сыпучих грунтах с пригрузкой. Я имею в виду выступление тов. Травкина. Он указал, что в опыте была модель, а в действительности дело пойдет иным путем.

В моем докладе речь шла о песках, т. е о грунтах, несвязанных. Если вы поставите испытуемый материал в такие условия, при которых соотношения между толщиной слоя, подвергающегося исследованию, и диаметром прибора будут достаточно малы, то особенно для песчаных грунтов, если такое соотношение выдержано, опасаться чрезмерного влияния пограничных условий (по краям прибора) не приходится.

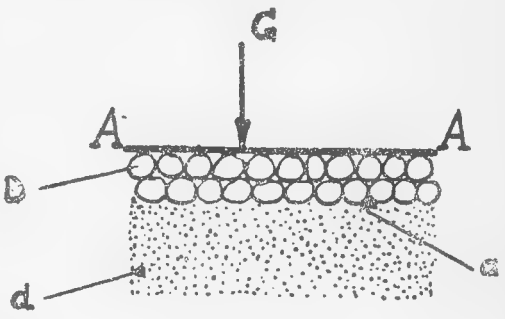
Что касается величины нагрузок, то они колеблются от 0.5 до 5 кг на 1 см^2. Эти нагрузки не являются модельными, а отвечают широкому диапазону нагрузок действительных гидротехнических сооружений. Поэтому я позволю себе не согласиться с объяснением тов. Травкина почему при опытах нагрузки не влияли на вынос песчаных фракций.

Мне кажется, что это достаточно ясно из других соображений.

Действительно, если представить себе (фиг. 9) большие фракции D и мелкие песчинки, находящиеся под давлением G, которое устраняет возможность выпора в целом, то вы увидите, что имеются не вполне пригруженные небольшие зоны a. С другой стороны, в фильтрационном потоке, помимо главного направления движения, мы имеем еще ряд местных направлений движений, не совпадающих с главным. Достаточно, чтобы в непригруженной зоне были расшевелены некоторые частицы, как последние начнут перемещаться, причем как бы вы ни увеличили нагрузку от 0.5 до 5 кг, все-таки для увеличения устойчивости непригруженной зоны вы ничего сделать не можете; вы ничего не сможете сделать с зоной a, которая заштрихована (фиг. 9). Поскольку эта зона будет вынесена потоком, остающиеся частицы будут находится, казалось бы, в условиях устойчивых, но

достаточно небольшого элемента, подвергшегося воздействию потока, как эта устойчивость будет нарушена. В результате должно начаться передвижение вниз нагруженной плоскости. Действительно, в опытах при нагрузке 0.5 кг. см^2, в результате выносов сквозь фильтр, резко имела место осадка его, которая носила катастрофический характер. Таким образом здесь пограничные условия и вопросы моделирования были учтены достаточно.

Что касается длительности, то некоторые опыты были длительные, а другие не длительные. Были опыты, которые длились 40—50 суток; может быть можно повести опыты по 90 суток. Далее, я согласен с тем, что нужно изучать деформации на связанных грунтах. Но это дальнейший этап работы.



Фиг. 9.

Тов. Травкин отметил весьма существенный случай рассасывания экрана. Конечно, изучением этого вопроса нужно заниматься, и путь к этому лежит в изучении фильтрационных деформаций.

Теперь разрешите ответить на замечание тов. Семенова. Я совершенно согласен с тем, что трудно на основе краткого доклада делать детальные замечания. Отмечу, что в ближайшее время выйдут первые четыре статьи, посвященные как теоретическим основам доложенной работы, так и экспериментальным установкам. Тогда, конечно, инженеры-специалисты смогут высказать свои ценные замечания по отдельным деталям.

Далее отмечу замечание тов. Травкина о необходимости перехода к более сложным схемам и интересное замечание тов. Семенова, касающееся необходимости постепенного выяснения факторов, которые здесь действуют.

Что касается величины напоров, то я должен сказать, что напоры, которые применялись для проверки расчетных зависимостей, приведенных мною в докладе, — находились в тех пределах, которые встречаются в гидротехнической практике. Для целей же демонстрирования на фильме качественной стороны некоторых явлений, мы в отдельных случаях давали сравнительно высокие напоры, что было необходимо для ускорения процесса. Я позволю себе, таким образом, отстранить упрек в том, что вся работа базировалась на чудовищном напоре. Все основные расчетные формулы и их опытная проверка имели в виду те напоры, которые встречались в практике.

Председатель. Работа С. В. Избаша является одной из первых работ, создающих новую техническую дисциплину — механику грунтов, причем данный доклад относится к специальному разделу — фильтрационной деформации грунта. Заслушанный нами сегодня доклад дал первую классификацию явления, выработал некоторую методику и подошел к отдельным сторонам явления даже с аналитической стороны, которая выявлена в виде формул, сообщенных здесь. Ясно, что,

поскольку указанная дисциплина только что создается, нужно приветствовать те весьма интересные исследования, которые были здесь доложены.

Нужно отметить, что в некоторых вопросах эта работа уже нашла известное применение на производстве при проектировании.

При реконструкции Волги мы во многих случаях встретимся с вопросами фильтрационных деформаций грунта, так как на Волге мы имеем фильтрующие основания гидросооружений, и вопросы, которые были доложены инж. Избашем, в той или иной мере возникнут при детальном проектировании.

В дальнейшем, продолжая доложенную работу, необходимо обратить внимание также на деформацию связанных грунтов.

(Заключительное слово Председателя принимается как мнение Секции по докладу инж. С. В. Избаша).

Нашей Секции предстоит еще наметить перечень научно-исследовательских работ, которые необходимы для гидротехнического строительства при реконструкции Волги, и нам завтра необходимо заслушать некоторые доклады в этом направлении. По этому вопросу имеются предложения со стороны проф. Гришина и проф. Баумгарта, которые завтра и сделают нам свои краткие сообщения. Затем на завтра у нас остается еще доклад В. М. Маккавеева.

(Заседание закрывается)

СЕКЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

ЗАСЕДАНИЕ 30 НОЯБРЯ 1933 Года

Председательствует акад. Н. Н. Павловский.

ПРЕНИЯ

Председатель. Порядок нашей работы на сегодня предлагаю следующий: мы прослушаем два доклада относительно тех научных работ, которые в области гидравлики и гидротехнических сооружений необходимы для проектирования при реконструкции Волги, а затем доклад инж. Маккавеева по вопросу о начертании струенаправляющих сооружений мостовых переходов. После этого обратимся к сводной резолюции по работам Секции (*принимается*).

По первому вопросу имеет слово проф. М. М. Гришин.

М. М. Гришин. В докладах, заслушанных на секции гидротехнических сооружений и др. секциях, уже отражена часть той тематики, которая должна быть поставлена и проработана в ближайшие годы, для того, чтобы проблема Большой Волги стала на совершенно прочное основание. Поэтому я не буду повторять того, что уже было высказано и постараюсь только дать ту тематику, в которой выступает несколько иных вопросов, не нашедших себе отражения в работах Секции гидротехнических сооружений.

Проблемы и темы научных работ по Большой Волге представляют собой настолько значительный объем, что перечислить их в кратком докладе, конечно, нет возможности. Можно только указать наиболее насущные, наиболее выпуклые темы, близко стоящие к строительству сооружений на Большой Волге — и этим ограничиться, чтобы уже в дальнейшем проработка деталей пошла по намеченным линиям.

Перечислять проблемы для Большой Волги было бы такой же задачей, как перечислять все проблемы, стоящие перед гидротехникой, поскольку сооружения, намечаемые в комплексе Большой Волги, охватывают все области гидротехники.

Не буду касаться сооружений специфических — гидроэнергетических, ирригационных, судоходных, являющихся хотя и гидротехническими сооружениями, но вместе с тем составляющих предмет работы специальных секций. Остановлюсь только на сооружениях обще-гидротехнических.

Прежде всего нужно указать на то, что наибольшее значение для всех гидротехнических сооружений будут иметь вопросы инженерной геологии и инженерной гидрогеологии, потому что они диктуют в ряде случаев и размеры сооружений и их конструкции.

По этому вопросу инж. Семеновым на соединенном заседании Секции было сделано сообщение, в котором были освещены вопросы инженерной гидрогеологии. Я ограничусь только кратким повторением этих вопросов с тем, чтобы они не выпали из внимания нашей Секции.

Намечаются следующие, наиболее существенные вопросы и проблемы.

Вопросы карстовых явлений и трещиноватости пород, в которых придется располагать сооружения. В связи с этим вопросом перед нами стоят методы борьбы — как-то: цементация, глинизация, асфальтизация и ряд других методов тампонажа названных пород; эти вопросы должны служить темами работы соответствующих научно-исследовательских институтов, поскольку все эти вопросы являются для Волги чрезвычайно важными.

Второй вопрос, это — грунты-плывуны и малоустойчивые, водонасыщенные пески. В этом отношении имеется целый ряд затруднений при проектировании сооружений на Большой Волге. Методы сооружений на этих грунтах, в частности методы закрепления плывунов химическим способом, изучение специальных физико-механических свойств подобных грунтов должны послужить второй темой в области гидрогеологии.

Затем идут оползневые явления, распространенные на побережьи Волги и оказывающие сильное влияние на строительство сооружений не только гидротехнических, но и промышленных — на всем правом берегу Волги.

Эти вопросы, требующие устройства специальных стационаров, наблюдательных станций, вопросы разработки противооползневых мер, на базе тщательного изучения механики оползней, должны быть также задачей научно-исследовательской работы.

Дальше идет вопрос о влиянии, которое оказывают подпертые бьефы рек и водохранилищ на режим подземных вод в окружающем районе, какое эти воды оказывают влияние на берега и их устойчивость. Изучение режима грунтовых вод и его изменений должно быть поставлено в порядок дня научно-исследовательской работы институтов.

Затем следуют вопросы методического порядка, которые должны быть также отмечены. Дело в том, что до сих пор не имеется правильного и тесного контакта между гидротехниками и гидрогеологами. Необходимо проведение специальных методологических, гидрогеологических работ, чтобы установить, какие константы в отношении грунтов необходимы для расчета тех конструкций, которые связаны с характером грунтов, и после установления соответствующих констант необходимо выработать методы получения констант, которые были бы приемлемы для геологов и гидротехников.

И, наконец последнее, это — группа работ гидрогеологического порядка, в части методики исследований, т. е. работы по изысканию новых усовершенствованных методов гидрогеологических и гидротехнических разведок, поскольку существующие методы бурения и шурфования

являются очень длительными и дорогими, и к тому же недостаточно показательными. Тут имеются в виду геофизические методы разведки грунтов и пр.

Этим заканчивается цикл работ в области гидрогеологии, которые для Большой Волги имеют существенное и исключительно важное значение и диктуют нам расположение сооружений, типы их и конструкции.

Переходя к области гидротехники, наиболее существенной частью ее нужно считать проблему слабых оснований гидротехнических сооружений и выработки экономичных типов плотин для условий Волги. Затем — проблемы узлов гидротехнических сооружений и гидравлики их. Следующим пунктом является проблема твердого стока, затем идет проблема зимнего режима и, наконец, проблема водопроводящих сооружений, каналов и трубопроводов.

Перечень всех этих проблем охватывает наиболее существенные вопросы, которые стоят перед гидротехническим строительством Большой Волги, за исключением специальных сооружений, ирригационных, мелиоративных, судоходных и других, нами не рассматриваемых. Эти проблемы могут быть дешифрованы и развиты в целый ряд тем, а с другой стороны — эти проблемы влекут за собой необходимость постановки специальных теоретических проблем в области гидравлики, механики грунтов и связаны с целым рядом методологических работ, необходимых для разрешения поставленных проблем.

Укажу, что в проблеме слабых оснований (первой) необходимо ввести такие основные темы:

Первая тема: Изучение изменений физико-механических и химических свойств грунтов оснований под влиянием напора.

Из доклада инж. Избаша мы узнали о целом ряде весьма интересных результатов исследований, которые к этому вопросу подходят, которые им затронуты, но нуждаются, конечно, в большой дальнейшей разработке и углублении.

Второй вопрос, который особенно существенен для сооружений и вместе с тем особенно темен, это — вопрос о суффозии или подземной эрозии. Вопрос этот в докладе Избаша был поставлен только с механической стороны, а вопрос физико-химического влияния на ход эрозии или суффозии остался не освещенным.

Третий вопрос — динамика грунтовых масс под действием на них плотины.

Здесь, как известно, мы сталкиваемся с весьма темной областью. Если чисто песчаные основания поддаются еще известным расчетам, то основания суглинистые, глинистые и не чисто песчаные пока еще недоступны для аналитических методов расчета, и в этом отношении необходимо работы продвигать как по линии теоретической, так и по линии экспериментальной.

Четвертая тема — исследование вопросов о работе плотин и проектирование их в сложных гидрогеологических условиях.

Дело в том, что существующие методы расчета хотя и мало совершенны, но дают возможность, хотя и грубую, известного расчета плотин на однородных грунтах песчаных или глинистых. Однако, если мы имеем сложный комплекс, — чередование различных пластов, — то в этих условиях у нас, в сущности, методов статического расчета почти нет. Методы гидравлического расчета в отношении фильтрации имеются и достаточно удовлетворительные; во всяком случае экспериментально можно к этому подойти вполне.

Наконец, последний вопрос, который я предложил бы включить в эту проблему, это — вопрос о методах повышения прочности и устойчивости оснований.

Здесь идет речь не только о методах физико-химических, но и о вопросах устройства свайных оснований, поведения свайного ростверта, его работы на горизонтальные усилия, которая слабо освещена и вызывает сомнения.

Следующая проблема — об экономических типах плотин. Здесь, прежде всего, стоит задача разработки типа водосливных плотин с уменьшенным давлением на основание и с минимумом применения дефицитных материалов. Эта проблема неоднократно проектировщиками затрагивалась, и в этом отношении мы имеем уже ряд предложений, некоторые из которых поставлены в порядок опытного строительства, — например, предложение инж. Сенкова, по которому выстроена плотина на р. Кальмиус и получены предварительные данные о ее работе.

Эта проблема имеет особо важное значение, потому что она связана, во-первых, с вопросом предельного напора для плотины и, во вторых, связана с вопросом экономии, так как правильное разрешение этой проблемы может дать колоссальную экономию при строительстве плотин на Большой Волге.

Вторая задача в этой проблеме — дальнейшее углубление методов проектирования и строительства земляных плотин на базе современной методологии. Здесь имеются в виду усовершенствованные приемы расчета, связанные с физико-механическими свойствами грунтов. Разработка этой проблемы является совершенно необходимой, и у нас должны быть в наличии методы, которыми мы могли бы рассчитывать и испытывать такие сооружения.

В прениях по докладу инж. Чугаева мною было сделано сообщение о центрифуге проф. Покровского и указаны возможности поставить проблему земляных сооружений на прочную базу.

Затем следуют методы и практика подбора грунтов для земляных сооружений. Совершенно недостаточно дать общие контуры плотины, а нужно их связать с характером грунтов и их физико-механических свойств, нужно исследовать грунты с точки зрения выбора их как строительных материалов для плотин.

На последней Стокгольмской конференции были обнаружены большие разногласия по этому вопросу: 11 докладчиков, которые выступили по вопросам земляных плотин, внесли 18 предложений о константах, методах и стандартах по исследованиям грунтов для

плотин, из коих только механический анализ грунта предложен девятью из одинадцати докладчиков, а определение остальных свойств грунтов считалось необходимым далеко не всеми докладчиками (2—5). Из этого вы видите, насколько противоречивы мнения в этом отношении и установить здесь какие-то направляющие положения — совершенно необходимо.

Наконец, последний вопрос, касающийся строительства плотин, это вопрос применения новых строительных материалов. Вы знаете, что вопрос о цементах уже привлек большое внимание Секции, он разбирался подробно. Необходимо обратить внимание на вопрос о добавках из местных материалов (для условий Большой Волги), а также вообще на вопрос о местных материалах, которые могут пойти на сооружение плотины и береговые сооружения; далее — вопрос о защитных материалах, обеспечивающих водонепроницаемость сооружений и т. п., — все это должно найти отражение в дальнейшей научно-исследовательской работе.

Третья проблема — узловые сооружения и гидравлика сооружений — имеет в виду целесообразную, правильную компановку сооружений с точки зрения строительно-эксплоатационной и гидравлической, а также целый ряд чисто гидравлических вопросов, связанных с самой плотиной. Все эти вопросы я объединил в один комплекс.

Из отдельных вопросов этой проблемы я хотел бы обратить внимание на такие существенные моменты, как изучение вопросов вибрации и вакуума в плотинах на слабых основаниях, где вибрация может вызвать тяжелые последствия. Нужно выяснить ту роль, которую оказывают эти вибрации. С этим связаны и вопросы толщины переливающегося через плотину слоя воды, разрешение которых является серьезной задачей дальнейшей научно-исследовательской работы.

Укажу, далее, на вопросы гашения энергии, крепления русла за плотиной; затем вопрос компановки узлов, с точки зрения гидравлической, пропуска льда, наносов, пропуска судов и т. д. Укажу еще на необходимость специальных работ по рыбоходам и плотоходам. Может быть, плотоходы и не будут строиться для Волги, этот вопрос ставится условно, как и вопрос рыбоходов.

Последний вопрос — головные сооружения для целей водоснабжения и ирригации, связанные с узлами, в условиях подачи весьма крупных расходов воды, что именно имеет место на Волге.

Четвертая проблема — проблема твердого стока.

Здесь уже подвергался обсуждению принципиальный вопрос — изучение движения наносов. В развитие этого необходимо отметить две исследовательских темы:

1) Изучение режима перекатов в условиях подпора и в условиях свободной реки, но с частично зарегулированным в верховьях стоком. Последний вопрос возникнет в том случае, если будет осуществлена в первое время схема без плотин на Нижней Волге, с поддержанием судоходной глубины попусками из водохранилищ на протоках и верховьях Волги. Возникает вопрос: каков будет режим перекатов в этом случае и насколько удастся обеспечить проектируемую глубину в 3.5 м

при помощи только чистого регулирования, каким образом изменится режим перекатов после частичного срезывания пиков паводков.

2) Следующий вопрос — о заилении водохранилищ, хотя не новый, но не имеющий достаточного решения, должен прорабатываться очень серьезно.

В проблеме зимнего режима необходимо обратить внимание на изменение ледового режима после постройки плотин на Волге, вопросы изменения длительности ледостава, толщины льда, вопросы условий сброса льда через сооружения — особенно в узлах и, наконец, вопросы борьбы с донным льдом.

Проблема производства гидротехнических работ имеет две стороны: прежде всего сторону гидравлическую, которая была здесь частично затронута и затем акад. Н. Н. Павловским была особенно подчеркнута как новый раздел гидравлики (гидравлика производства работ), касающийся вопросов стеснения русла, пропуска воды и т. д. Все эти вопросы несомненно весьма важны для Волжской проблемы.

Вероятно, придется поставить перед гидротехническими лабораториями задачи наблюдения и изучения всего процесса производства работ в различных его стадиях и очередях для того, чтобы дать строительству правильные показатели для расчета сроков и плана производства работ, а также всех временных сооружений в реке.

Другая сторона проблемы заключается в разработке ряда гидротехнических вопросов. Сюда нужно отнести вопросы водоотлива в глубоких песчаных котлованах, в частности, вопросы понижения грунтовых вод в котлованах; затем — вопросы рационализации типа перемычек для волжских условий и, наконец, вопрос гидромеханизации земляных работ. Я не говорю об общепроизводственных моментах, а касаюсь только тех, которые связаны непосредственно с гидротехникой, не говоря о механизации работ, об их организации, непрерывности и пр., что тоже очень важно.

Вопросы гидромеханизации работ могут найти себе применение — при постройке земляных частей плотин на Волге, при разработке отдельных каналов, котлованов, при постройке, вообще, земляных плотин на системе Большой Волги. Все это вопросы не только производственного но и теоретического порядка. Сюда относятся работы струи в забое, размыв грунта, а также вопросы состава пульпы, которая должна затем транспортироваться и образовать тело земляной плотины. Но не только вопросы гидравлики, гидромеханизации являются чрезвычайно насущными, — не менее важны вопросы механики грунтов, устойчивости намывных плотин, особенно в процессе постройки. Все это должно быть тщательно разработано. На этот счет имеется ряд известных достижений в Институте гидротехники и инженерной гидрологии, но в дальнейшем нужно эту работу углублять.

Последняя проблема, это — проблема водопроводящих сооружений. Здесь я хотел бы отметить только три вопроса: прежде всего, в отношении каналов — это вопрос устойчивости русел и не только с точки зрения размывания и намывания его, но и с точки зрения

статики откосов в связи с физико-механическими свойствами грунтов и действием потоков. Это будет важно для каналов, очень глубоких и пролегающих в песчано-глинистых грунтах.

Вопросы фильтрации из каналов будут стоять точно так же в программе исследовательской работы.

Следующий вопрос для водопроводных каналов (напр., в системе Волга-Москва), это — вопрос о зимнем режиме каналов, который еще не разработан для каналов с малым сечением и малым расходом воды, находящих себе все большее распространение в системе водоснабжения промышленности.

Наконец, остается еще один вопрос, который можно выделить, это — вопрос о трубопроводах неметаллических, т. е. железобетонных, деревянных и пр. трубопроводах; в этом отношении имеется целый ряд новшеств в смысле применения бетонных трубопроводов с нагреванием арматуры усовершенствование трубопроводов и т. п.

Вот краткий перечень тех наиболее существенных научно-исследовательских вопросов, которые характерны для Волжской проблемы и которые нужно включить в список работ, которые будут предложены Академией Наук для дальнейшей разработки.

Повторю, что я не касался специальных сооружений и тех теоретических работ, которые должны предшествовать или сопровождать разработку перечисленных конкретных задач, — я только указывал на эти задачи.

Я не перечислял также и методологических работ, а между тем теоретические и методологические работы займут большое место, например, в области механики грунтов, где они являются особо важными. Затем вопросы опытного строительства, о которых говорилось на докладе акад. Б. Е. Веденеева, — также должны быть подчеркнуты на нашей Секции. По целому ряду ответственных и дорогих сооружений, там, где предлагаются новые типы сооружений — новые конструкции — нужно итти на опытное строительство в малых масштабах для того, чтобы подойти к постройке больших сооружений с совершенно открытыми глазами.

Кроме опытного строительства, нужно учесть опыт выстроенных сооружений. Поэтому работы на выстроенных сооружениях и ряд работ на опытных сооружениях (например, по плотине инж. Сенкова) должны быть поставлены, продолжаться и быть законченными для того, чтобы их выводами можно было бы воспользоваться.

Вот в основном перечень тех научно-исследовательских работ, которые должны быть поставлены в порядок дня.

Этими исследовательскими работами, как известно, занимаются институты — Ленинградский гидротехнический, а также Институт Гидротехгео. Эти два института должны согласованным путем взять на себя эти работы с привлечением всех остальных исследовательских учреждений и под руководством какого-то центра — той комиссии или бюро по Большой Волге, которое будет создано при Академии Наук. В заключение я хотел бы отметить еще один вопрос организационного порядка, который может, быть Секция нашла бы

возможным оттенить. Это вопрос, касающийся инженерной гидрогеологии и механики грунтов.

Вопросы инженерной гидрогеологии и инженерного грунтоведения, как было отмечено акад. Б. Е. Веденеевым в его заключительном слове, играют большую роль во всяком строительстве, связанном с крупными инженерными сооружениями. Между тем в этой области не существует никакого центра, который руководил бы этого рода работами с точки зрения научно-методологической, и создание такого центра, наряду с аналогичными центрами, например, по изучению вечной мерзлоты или сейсмической комиссии при Академии Наук, — было бы очень важным делом. Эта важнейшая для строительства исследовательская часть — по инженерной гидрогеологии, механике грунтов и инженерному грунтоведению — должна быть поставлена в Союзе на должную высоту. Поэтому я выражаю пожелание, чтобы в постановлении Секции эта мысль нашла себе отражение.

Председатель. Переходим к докладу проф. В. С. Баумгарта.

В. С. БАУМГАРТ

О НАЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТАХ В ОБЛАСТИ ГИДРОТЕХНИКИ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ БОЛЬШОЙ ВОЛГИ

Чтобы не повторять сказанного проф. Гришиным, я отступлю от первоначально намеченной мною программы подробного доклада и ограничусь лишь изложением некоторых основных положений и краткими дополнениями по особо важным инженерным проблемам.

Перечисленные здесь проф. Гришиным вопросы в основном поставлены правильно; они охватывают не только проблему Большой Волги, но и почти все главнейшие задачи, стоящие перед гидростроительством Союза (за исключением задач гидростроительства в горных районах).

Анализируя этот перечень, следует констатировать, прежде всего, обширность и сложность того комплекса вопросов, который возникает в связи с реконструкцией Волги, а также отметить то положение, что на сегодня мы можем более успешно перечислять эти вопросы, чем давать на них ответы, так как существует заметный разрыв между запросами производства и достижениями научно-технической мысли.

Рассматривая задачи реконструкции Волги и достижения союзных научных исследований на фоне практики и теории зарубежного гидростроительства, мы видим, что первые далеко выходят за рамки мирового опыта в области комплексного использования крупных рек, а вторые, в ряде вопросов, идут значительно впереди заграницы.

Теперь я остановлюсь на тех вопросах, освещение которых следовало бы несколько пополнить.

Прежде всего—о явлениях, возникающих в реках в связи с образованием на них подпора при возведении преграждающих сооружений.

Первую группу вопросов этого цикла я назову «гидравликой вод-

ного хозяйства» или «гидравликой бьефов». Сложность явлений в бьефах и важность их не только для водного, но и для всего народного хозяйства, не позволяют ограничиваться обычными ранее расчетами подпоров от плотин.

Проф. Гришиным было уже отмечено, что движение по шлюзованной реке попусков для целей судоходства имеет большое значение для гидроэнергетики. Обратно—колебание бьефов при суточном регулировании отражается на судоходстве. Кроме того, для энергетического использования равнинных участков Волги и ее притоков весьма существенна борьба с сезонным понижением напора гидростанций путем регулирования паводков. Разрешение всех этих вопросов связано с овладением методами расчета неравномерного и неустановившегося движения в естественных руслах. В данной области работами наших исследователей: проф. Б. А. Бахметева, акад. Н. Н. Павловского, инж. Н. М. Бернадского, инж. Б. В. Проскурякова, проф. И. В. Егиазарова, инж. Н. В. Мастицкого, проф. А. Н. Рахманова и других сделано гораздо более, чем за границей. Мы можем констатировать широкое использование предложений этих лиц (и созданных некоторыми из них школ) в союзной проектировочной практике, которая сделала, с своей стороны, ряд ценных дополнений к вышеуказанным методам.

Несколько особняком стоят в этой группе уже упомянутые проф. Гришиным вопросы затопления. Если понимать их в более широкой трактовке, то приходится говорить не только о затоплениях берегов подпертым речным потоком, но и о заболачивании прибрежных земель подпертыми грунтовыми водами. Здесь нужны не только методы гидравлических расчетов свободного потока, но и расчеты неравномерного движения безнапорного грунтового потока. Работы акад. Н. Н. Павловского и его школы по гидравлике и гидромеханике грунтовых потоков идут далеко впереди других мировых работ в данной области. Они позволяют нам, хотя и с известным приближением, практически разрешать вопросы заболачивания берегов подпертыми грунтовыми водами в тех случаях, конечно, когда известна геология и гидрогеология речных долин.

Вторая группа вопросов того же цикла может быть названа «проблемой инженерной гидрологии». Сюда относится, главным образом, борьба с наносами и льдом. Естественно, что существует неразрывная связь между «гидравликой бьефов» и «инженерной гидрологией», так как та и другая характеризуют один и тот же измененный режим используемого водотока.

Вопросы борьбы с наносами, в условиях реконструируемой Волги, стоят перед нами в совершенно исключительном масштабе. Эта проблема должна быть изучена не только с точки зрения борьбы с наносами в пределах узлов гидросооружений, с целью забора осветленной воды в гидростанции и в деривационные каналы, но и с точки зрения искусственного воздействия на измененный режим наносов на всем протяжении подпертых бьефов. Последнее особенно важно в виду комплексности Волжской проблемы, так как, создавая на Волге и ее притоках утилизационными плотинами благоприятные для судоходства

увеличенные глубины в пределах подпоров, мы способствуем успешному образованию затрудняющих судоходство перекатов в местах выклинивания последних (подпоров). В связи со сказанным, наряду с расчетами осаждения и промыва наносов в узлах сооружений, особую важность приобретает и «проектирование» измененных подпором режимов перекатов. Над разрешением вышеуказанных задач упорно и небезуспешно работает союзная научная мысль, значительно обгоняя заграницу.

Наиболее совершенные, но и наиболее длительные пути идут через изучение явлений в их дифференциале с дальнейшими попытками «проинтегрировать» явление в пределах всей реки или отдельных ее участков.

Другие, более упрощенные методы ищут механической зависимости между гидравлическими элементами водного потока и характером и размером их воздействия на влекомые и переносимые потоком наносы. Наконец, третьи—пытаются разрешить задачу экспериментальным путем, отыскивая полуэкспериментальные законы подобия между явлениями в натуре и в лабораторных установках. Хотя по всем направлениям у нас в Союзе и пройдены достаточно большие этапы, все-же задача еще далеко не разрешена; это, однако, не исключает надежды на ее ккорое разрешение. Широко известны в области наносов работы ряда сотрудников научно-исследовательских институтов в Ленинграде (проф. Егиазаров, проф. Гончаров, проф. Маккавеев, проф. Глушков, Бернадский, Леви, проф. Великанов, с группой своих московских и ленинградских учеников и другие). Некоторые из перечисленных лиц сделали свои сообщения на данной сессии Академии Наук (Леви, Бернадский). Кроме того, большая работа ведется и в других институтах Москвы и Ленинграда (инж. Абрамов, инж. Бочков и т. д.).

Не менее существенными, чем наносы, являются вопросы прогноза ледового режима исскуственных бьефов. Для разрешения связанных с этим задач требуется постановка большой исследовательской работы. До настоящего времени имелся лишь один случай достаточно детального исследования зимнего режима верхнего бьефа гидроустановки на р. Волхове. Материалы, характеризующие зимний режим этой гидростанции, почти закончены обработкой.

Однако, этого далеко еще не достаточно для проектирования будущего зимнего режима реки Волги, преграждаемой плотинами. Возможно, что намечаемые детальные исследования зимнего режима Днепровской гидростанции дадут некоторые полезные данные для того, чтобы внести большую ясность в те перспективы, которые следует ожидать при осуществлении программы реконструкции Большой Волги. Весьма полезными для этих целей могут оказаться также детальные исследования Беломорско-Балтийского канала, проводимые Научно-исследовательским институтом гидротехники.

Следующая группа вопросов относится непосредственно к методам образования (создания) подпора. Здесь решающими будут вопросы инженерной гидрогеологии и строительных свойств грунтов в районах

подпорных сооружений на Волге. Эта область вопросов весьма детально освещена в докладе проф. Гришина, и я едва ли могу что-либо добавить к сказанному им. Отмечу лишь, что, по моему мнению, та сумма вопросов, которая была им здесь перечислена, не может быть разрешена к моменту приступа к строительству. Нужно будет выбрать из всего перечня научно-исследовательских задач наиболее существенные и фиксировать внимание на изучении физической сущности явлений, возникающих в грунтах берегов и русла реки при возведении подпорных сооружений, так как только этим путем можно будет создать необходимые для проектирования расчетные схемы. Для этой цели предстоит предельно форсировать те экспериментальные и теоретические работы, которые позволят нам в кратчайший срок иметь хотя бы некоторую придержку для разрешения наиболее трудных вопросов проектирования.

Необходимо отметить, что и в этой области работ наши советские исследователи идут значительно впереди заграничных. В частности, особую ценность представляют: работа академика Н. Н. Павловского по выяснению величин фильтрационных сил в грунтах оснований под гидросооружениями и сконструированная в Научно-исследовательском институте гидротехники инж. Б. Ф. Рельтовым пространственная установка (по методу электро-гидродинамических аналогий, предложенному акад. Н. Н. Павловским); эта установка позволяет моделировать различные геологические условия. В той же области, касающейся движения грунтового потока в пределах гидросооружений, интересна экспериментальная работа проф. Глушкова и группы его сотрудников в Гос. Гидрологическом институте и в Энергетическом институте Академии Наук.

Для изучения законов движения грунтовых вод под сооружениями весьма многое можно получить путем наблюдений за работой построенных сооружений, (что выполняется рядом институтов и в особо широком масштабе—Институтом гидротехники в Ленинграде). Для этих полевых исследований представляется абсолютно необходимой закладка измерительных приборов. Наша Секция должна всемерно поддержать необходимость широкого проведения этих мероприятий.

Необходимо добиться обязательного постановления о закладке измерительной аппаратуры во всех наиболее ответственных гидротехнических сооружениях Союза, и обязать научно-исследовательские учреждения вести систематические наблюдения за этими сооружениями, с дальнейшей обработкой полученных таким путем материалов. Это является одним из наиболее актуальных путей рационализации дела проектирования и осуществления гидротехнического строительства.

К той же группе вопросов, связанных с образованием подпоров, относятся и вопросы планировки и гидравлики речных узлов гидросооружений. Теоретическое разрешение этой проблемы представляет весьма большие трудности, поэтому изучение ее, еще на достаточно большом отрезке времени, будет требовать широкого развития лабораторных экспериментов с моделями таких узлов. При этом необходима большая методологическа работа,, так как теория моделирования пространственных задач, в настоящий момент, еще не может считаться разре-

шенной, особенно в тех случаях когда мы имеем дело с неустойчивым (размываемым) руслом. В указанном направлении ведется ряд исследований в Москве и в Ленинграде. В Ленинградском Научно-исследовательском институте гидротехники уже получены крайне интересные выводы. Особую ценность представляет сопоставление результатов подобных лабораторных работ с действительностью.

В Научно-исследовательском институте гидротехники проведено весьма детальное сопоставление лабораторных исследований моделей узлов в различных масштабах, а также проведено сопоставление результатов лабораторных исследований с наблюдениями экспедиции Института над работой сооружений (Свирь, Загэс, Дзорагэс и др.).

Для того, чтобы расширить круг объектов, по которым может быть проведено такое сопоставление, Научно-исследовательский институт гидротехники намечает в ближайшем будущем обследовать гидравлику узлов ББК и Днепрогэса, а также исследовать модели некоторых гидроустановок, по которым у него уже имеются полевые наблюдения, но модели которых не изучались в процессе проектирования.

В связи с разрешением Волжской проблемы предстоит в ближайшее время выделить около 2 тыс. м^2 полезной лабораторной площади для размещения моделей узлов первоочередных гидростанций на Средней Волге. К этим мероприятиям уже приступлено Научно-исследовательским институтом гидротехники за счет кредитов, предоставленных Средволгостроем.

Наконец, несколько слов по весьма важному вопросу—разработке новых конструкций гидросооружений. Здесь нужно идти широким развитием работ изобретательского храктера. Всякое изобретательство особенно быстро и ярко двигается вперед тогда, когда представляется возможность проверить в натуральном масштабе новые предложения. К сожалению, приходится отметить, что такое экспериментирование в условиях гидротехники весьма затруднено, так как постройка каждого гидротехнического сооружения связана с затратой огромного количества труда и средств и так как почти каждая неудача сопровождается крупной катастрофой. Несмотря на это, придется все же сознательно пойти на крупный производственный риск и широко развернуть опытное строительство, иначе прогресс в этом направлении будет весьма затруднен.

Ряд производственных организаций, напр. Беломорстрой, уже широко и с большим успехом применил новые смелые конструкции. Этому в значительной мере способствовали: специфичность данного строительства, ненаселенность района и целый ряд других условий. Такие смелые примеры нужно приветствовать и детально их изучать. (Последнее и осуществляется Научно-исследовательским институтом гидротехники по договору с Беломорско-Балтийским комбинатом).

Резюмируя вкратце все сказанное выше, я хотел бы еще раз подчеркнуть, что масштаб стоящих перед нами задач выходит за рамки мировой практики гидростроительства и что хотя наши научные исследования в целом ряде вопросов идут впереди заграницы, все же существует значительный разрыв между запросами производства и до-

стижениями научно-исследовательской мысли. Это обязывает нас предельно форсировать научно исследовательскую работу.

В отношении тех мероприятий, которые должны получить организационное оформление, я считаю нужным обратить наиболее серьезное внимание на координированное изучение инженерной гидрогеологии и строительных свойств грунтов, а также на надлежащую постановку дела исследования построенных гидросооружений.

Кроме того, следует подчеркнуть яркую необходимость широкого развития лабораторных работ, так как на данном этапе целый ряд важнейших вопросов гидростроительств по своей сложности не поддается чисто теоретической интерпретации. Для разрешения последних задач нам придется не только расширить наши лаборатории закрытого типа, но по опыту заграничной гидротехники устроить сеть лабораторий открытого типа, что в наших условиях и при нашем климате вполне возможно. Особо серьезно проработке должна быть подвергнута также теория моделирования—как теоретическая база лабораторного экспериментирования.

ПРЕНИЯ

Председатель. Приступим теперь к обсуждению докладов. Сейчас нужно обратить внимание на то, чтобы не было пропущено каких-либо существенных задач, а кроме того я просил бы подойти к вопросу о методах распределения работ по Волге между имеющимися научно-исследовательскими институтами и учреждениями. Я имею в виду не формальное распределение проблем, а только указание некоторых основных направлений для работы отдельных институтов по проблеме Волги.

В частности здесь есть ряд вопросов, связанных со строительными материалами. Поэтому было бы очень желательно отметить, что по линии строительных материалов мы ожидаем работ не только от специальных гидротехнических институтов, но и от других институтов, например, от Института цементов и проч. В вопросах, связанных со строительной механикой, в вопросах теории сооружений желательно было бы привлечь Институт сооружений, хотя он специально не работает по гидротехнике. В этом смысле я и предлагаю указать некоторые институты, чтобы получить координацию работ во всех направлениях.

Инж. Татаркин. Я полагаю, что акад. Н. Н. Павловский совершенно правильно ставит вопрос. Перед нами поставлена задача развернуть научно-исследовательскую работу в связи с важнейшей проблемой Большой Волги и широко привлечь научно-исследовательские институты, находящиеся и вне системы Академии Наук СССР. Поэтому разрешение организационного вопроса имеет немаловажное значение.

Первое, на что мы должны обратить особенное внимание — это то, чтобы ни одна из важнейших проблем, требующих уже разрешения в ближайшее время для осуществления строительства, не была упущена.

Особенно необходимо подчеркнуть указание проф. Баумгарта относительно привлечения изобретательской мысли. Это мероприятие должно быть особо оттенено в наших решениях, так как тем самым мы привлечем тысячи изобретателей, работающих в области развития научно-технической мысли. С другой стороны, в наших решениях должно найти свое отражение требование расширения лабораторной базы, так как без этого задачи теоретического, а также практического порядка не могут быть разрешены надлежащим темпом.

Третье, что должно быть особенно предусмотрено, это — наблюдение за уже выстроенными объектами, так как это должно дать ценнейший материал для правильного и более безошибочного проектирования.

Как организационно должна быть поставлена научная проработка вопросов, связанных с проблемой Большой Волги? Я думаю, что нельзя ограничиться только теми научно-исследовательскими институтами, которые сейчас включились в работу. Некоторые научно-исследовательские институты в системе Наркомтяжпрома уже несколько лет прорабатывают ряд вопросов, связанных с проблемой Большой Волги. Вчера, на совещании Ленинградских научно-исследовательских институтов с участием Московского института гидротехники и гидрогеологии и уполномоченного НИС НКТП, мы пришли к заключению, что ряд научно-исследовательских институтов системы Наркомтяжпрома должен быть привлечен к работе по проблеме Большой Волги.

В декабре 1933 г. предполагается созвать широкое совещание научно-исследовательских институтов системы Наркомтяжпрома, где будет обсуждаться вопрос, по каким разделам и как конкретно институты должны включиться в работу по проблеме Большой Волги. Помимо институтов Наркомтяжпрома, ясно, должны быть привлечены научно-исследовательские организации и других наркоматов: Наркомвода, Наркомзема.

Вышеназванное совещание вынесло вчера решение, сущность которого заключается в следующем:

1) Для объединения и практического руководства исследовательскими работами по проблеме Большой Волги должен быть создан при Академии Наук организующий центр — Бюро реконструкции Большой Волги.

2) Работы ведутся по объединенной определенной программе институтами Академии Наук, институтами Наркомтяжпрома, Наркомвода и др., причем на институты Академии Наук возлагаются вопросы общего комплекса, крупные принципиальные проблемы по энергетике, растительному и животному сырью, общей геологии, минералогии, а на институты Наркомтяжпрома — вопросы инженерной гидротехники, инженерной гидрогеологии и строительных материалов, на институты Наркомвода — транспортные вопросы, на институты Наркомзема — вопросы агротехники, мелиорации. Перечень институтов и отдельных вопросов этим, конечно, не ограничивается. Распределение работ между наркоматами и учреждениями производится Бюро по реконструкции Большой Волги. Результаты работ секций Академии Наук, по обсужде-

ии на общем собрании Сессии, передаются Бюро реконструкции для проработки программы научно-исследовательских работ и дальнейшего руководства этими работами.

В Секции гидротехники в основном приняли ближайшее участие два института: Ленинградский институт гидротехники и Московский институт инженерной гидротехники и гидрогеологии. На данном совещании нет необходимости детализировать тематику того или другого института, так как профиль каждого института вполне четко очерчен, и, соответственно этому профилю, должно быть и распределение тематики. Главное внимание в данное время мы должны обратить на то, чтобы ни один из важнейших вопросов не был упущен из поля зрения Бюро Большой Волги. Само собою разумеется, что научные силы должны быть широко привлечены к проработке тематики, связанной с проблемой Большой Волги.

Проф. Рахманов. Мы прослушали здесь перечень вопросов научно-исследовательского порядка, ответы на которые ждет производство от научно-исследовательских организаций. Среди этих вопросов особое внимание было уделено гидравлике регулирования стока и гидравлике проектирования водного хозяйства. Это особое внимание совершенно заслужено. Вопрос этот чрезвычайно мало разработан.

Однако, здесь нужно сделать замечание в отношении достижений, отмеченных В. С. Баумгартом, которые научно-исследовательские институты имеют в этой области. Несомненно, что эти достижения есть, но они производством использованы почти не могут быть, потому что они еще не доведены до той формы, до которой их нужно довести с производственной точки зрения. Сейчас, когда нам пришлось встретиться на Волге с вопросами суточного регулирования, проектирования паводков, попусков, проектирования зимнего режима, проектирования режима наносов, — мы принуждены заниматься разработкой методов проектирования сами. Между тем, я считаю, что все эти данные нам должны были бы дать институты и дать в той форме, чтобы нам не приходилось тратить на эти работы почти все наше время, в результате чего для самой проектировки у нас времени уже не остается.

Мне кажется, что институты должны заняться в ближайшее же время разработкой хотя бы приближенных методов проектирования по всем тем вопросам, которые я здесь отметил.

Здесь имеется определенный разрыв между запросами производства и тем, что может нам дать сейчас научно-исследовательская организация. На это уже обратил внимание В. С. Баумгарт, но, обратив внимание на наличие разрыва, докладчик не указал тех путей, которые намечаются научно-исследовательскими институтами для ликвидации этого разрыва. Хотелось бы, чтобы в заключительном слове В. С. Баумгарт остановился более подробно на тех путях, которые он мыслит для ликвидации ненормального положения, к которому мы пришли — может быть неизбежно — благодаря тому, что производство у нас в Союзе опередило те требования и запросы, которые оно обычно предъявляет за границей к научно-исследовательским организациям.

Инж. Шварц. Я хочу остановиться на вопросе, который остался не освещенным в докладе проф. Гришина и который лишь кратко был задет в докладе В. С. Баумгарта, а именно — на вопросе о необходимости строительства лабораторий открытого типа. В этом отношении мы очень отстали от западноевропейской практики, где за последние годы строительство лабораторий этого типа идет чрезвычайно усиленным порядком, и мне кажется, что при разрешении проблемы, связанной с Большой Волгой, насущная потребность в таких лабораториях — большая, и нужно быть к этому подготовленными. В заключении Секции должна быть отражена необходимость немедленно приступить к проектированию и созданию такого типа лабораторий.

Председатель. В порядке прений мне хотелось бы остановиться лишь на первоочередных научно-исследовательских работах для Средволгостроя.

Насколько мне известно, практика показала, что научные исследования не всегда приносят нашему строительству всю ту пользу, которой можно и нужно от них ожидать и требовать. Главная причина этого заключается, как я полагаю, в том, что строительные управления сравнительно поздно обращаются в научно-исследовательские институты за разрешением разного рода вопросов и притом — нередко в «весьма срочном порядке».

Такое положение для Средволгостроя явно недопустимо, и для избежания этого весьма необходимо, чтобы Бюро по научно-исследовательской работе в составе Средволгостроя наметило основные первоочередные вопросы, распределило их между различными научно-исследовательскими институтами, наблюдало за ходом работы последних и принимало все меры для своевременного получения от них материалов. Привлекаемые к работе институты, как я полагаю, в своем составе должны образовать особые группы, ответственные за выполнение соответствующей части работ, так как при отсутствии таких бюро работа не может проходить достаточно организованно.

Отмечу, что в состав научно-исследовательских работ для Средволгостроя должны быть включены не только лабораторные опыты и исследования на местах постройки, но и соответствующие теоретические работы, значение которых до сего времени некоторыми строительствами не дооценивалось.

Что касается первоочередных вопросов научно-исследовательской работы для Средволгостроя, то в области гидротехники мне казалось бы возможным наметить следующий состав работ (в виде первого наброска).

I. Вопросы, связанные с подпертыми бьефами:

а) оценка имеющихся материалов для построения кривых подпора и выяснение необходимых к ним дополнений;

б) установление рекомендуемого метода построения подпорных кривых (в связи с предыдущим пунктом);

в) режим наносов в подпертом бьефе;

г) подпор грунтовых вод (методы расчета и оценка материалов зысканий);

д) вопросы суточного регулирования.

II. Основание плотин и гидростанций:

а) фильтрационные силы под сооружениями на водопроницаемых рунтах;

б) распределение давления от сооружений на грунт, с учетом редыдущего пункта;

в) работа фильтров в плотинах на песчаном основании;

г) допустимое давление на грунт (исследования в натуре);

д) прочие основные данные, характеризующие грунт основания олжских сооружений (коэффициент фильтрации, угол естественного откоса, коэффициент сдвига и т. д.).

III. Надземная часть плотин:

а) размывающие и допустимые скорости течения для средневолжских грунтов;

б) наиболее рациональные типы гасителей вредной энергии.

IV. Вопросы генерального плана сооружений:

а) о длине водопропускного фронта;

б) пропуск льда (в связи с предыдущим пунктом);

в) вопросы очертания земляных дамб в плане.

V. Земляные плотины:

а) наиболее рациональные типы земляных плотин (дамб) из местных материалов;

б) рефулирование как метод постройки таких плотин (опыты на месте);

в) вопросы устойчивости тела земляных плотин.

VI. Некоторые вопросы производства работ:

а) гидравлика потока в плане при пропуске воды и льда во время постройки;

б) гидравлические и конструктивные вопросы, связанные с переливом воды через незаконченное постройкой тело плотины;

в) понижение уровня фильтрационных вод в пределах строительных котлованов;

г) основы для рационального проектирования перемычек при производстве работ.

VII. Некоторые отдельные вопросы:

а) расчет давления льда на быки и устои;

б) статический расчет «полых» железобетонных плотин, загруженных камнем или грунтом;

в) установление метода учета отпора грунта за гидротехническими сооружениями.

В намеченную программу вошли лишь те работы, которые представляются мне первоочередными. При составлении технического проекта возникнет, конечно, ряд других вопросов, которых я здесь не касаюсь. Отмечу, что почти все вышеуказанные вопросы выходят далеко за рамки проектировочной работы и могут быть удовлетворительно разрешены лишь при настойчивой организованной работе наших научно-исследовательских учреждений. При этом, конечно, в виду срочности работ по некоторым вопросам придется довольствоваться хотя бы предварительными наметками, — гидротехнические проблемы сооружения волжских гидростанций слишком сложны и новы для того, чтобы можно было по всем вопросам в весьма короткий срок получить те решения, которые полностью охватили бы запросы строительства.

Инж. Давидович. В числе некоторых частных вопросов, которые наметил акад. Н. Н. Павловский, не была отражена гидромеханизация земляных работ, с которой придется встретиться при работах на Волге. Затем я хотел бы отметить второй вопрос, о котором говорил на соединенном заседании акад. Н. Н. Павловский и с которым пришлось столкнутьс яна Ярославльской плотине, это — вопрос гидравлики при эксплоатации сооружений, так как выяснилось, что при некоторых горизонтах, повидимому, нельзя открывать только одно отверстие плотины и нужно установить методику: как можно пользоваться щитами. Теперь мы не располагаем этой методикой, но ею надо заняться какому-либо научно-исследовательскому институту.

Инж. Бочков. Я хочу остановить внимание Секции на двух вопросах. Прежде всего мне кажется, что при разрешении проблемы Большой Волги нужно подготовиться к строительству плотин намывного типа, ибо американская практика показывает, что ее высокие плотины в большинстве построены намывным гидравлическим порядком. Строительство таких плотин имеет большой экономический эффект и по темпам производственной работы не имеет себе равного конкурента, если не считать лишь в последнее время применяемые механизмы на строительстве плотины Гувера, которые по производительности начинают сравниваться с гидравлическим способом. Наши опасения и несмелый подход к постройке в Союзе намывным способом плотин пора оставить, и настало время не только агитировать за этот способ, — это время уже отошло, — а нужно начать применять его на практике и пойти на опытное строительство этих плотин.

Эти опасения в отношении проблемы Большой Волги могли иметь место лишь там, где распространены в значительной мере мелкозернистые материалы, из которых в практике американского строительства намывных плотин не имеется. Но это обстоятельство еще не является доказательством, что и в других местах намывных плотин строить нельзя. Я хочу указать попытку Московского института инженерной гидрогеологии и гидротехники, который разработал тип профиля намывных плотин из любого материала и, в частности, полагает, что из волжских грунтов можно строить такие плотины, осуще-

ствляя намыв их в одну сторону с созданием отстойного пруда в нижней части верхового откоса, который и дает нам достаточную толщину глинистого наклонного экрана. Этот прием дает возможность уже при любых грунтах гидравлическим путем возводить плотину.

Вероятно, в дальнейшем проработка вопросов устойчивости земляных масс, полученных намывным способом, даст возможность предложить еще ряд конструкций и профилей земляных плотин. Поэтому я считаю, что вопрос о строительстве намывных плотин должен быть безусловно нами поднят, и в условиях реконструкции Волжского бассейна мы безусловно найдем ряд примеров, где такие намывные плотины — например, на второстепенных сооружениях — мы сможем начать возводить в порядке опытного строительства.

Этот момент мне хотелось бы особенно здесь оттенить.

На ряду с этим надо иметь в виду и широкое применение способов гидромеханизации строительных работ в проблеме Большой Волги, так как наше вооружение механизмами еще далеко отстоит от той производительности их, которая нам нужна для развития надлежащих темпов этой проблемы.

Следующий момент, который я хочу отметить, это — необходимость сосредоточения особого внимания Академии Наук на вопросах инженерного грунтоведения. Вопрос этот имеет колоссальное значение не только для строительства Большой Волги, но и для всего СССР, и поэтому при Академии Наук должна быть создана специальная комиссия, организующая и направляющая проработку вопросов инженерного грунтоведения.

Вопрос этот был поднят научным сотрудником Гидротехгео инж. Семеновым в его выступлении на объединенном заседании секций и отмечен также акад. Б. Е. Веденеевым в заключительном слове его доклада и безусловно должен быть поддержан нами и в наших резолюциях найти полное и четкое отражение.

Проф. Гришин (*заключительное слово*). Выдвинутые в моем докладевопросы, дополненные В. С. Баумгардтом и другими оппонентами, присутствующими на нашем заседании, конечно, не исчерпывают всей тематики; однако главнейшие задачи исследовательских работ все же нашли свое отражение. Так как выдвинутые вопросы в сущности возражений не встретили, и дополнения, которые здесь были сделаны, также не могут вызвать возражений, — поскольку все они назрели уже давно, — то я позволю себе на этой части не останавливаться.

Я не буду говорить об известных достижениях Ленинградского института гидротехники, так как они достаточно оценены и всем известны.

Я хочу лишь кратко остановиться на исследовательских работах Московского института инженерной гидрогеологии и гидротехники. Московский институт много сделал для разрешения проблемы слабых оснований (например реализация метода химического закрепления грунтов), глинизации, дренажа, геофизических методов исследования, которые проводились для канала Волга-Москва. Вопросы борьбы

с оползнями, вопросы устойчивости грунтов стояли в центре его внимания, и здесь имеются достижения и теоретические и методологические, например, методы экспериментального исследования устойчивости грунтов, предложенные проф. Покровским.

Точно так же в области гидротехники имеется ряд работ Московского института, которые практически находят свое осуществление, например, вопросы гидромеханизации (лабораторные исследования) земляных плотин, гидравлика сооружений (водосливные профиля, сопряжение бьефов и др.), перемычки и производство работ, наконец — целый ряд выводов, которые получены в результате исследования выстроенных сооружений. Разрабатывались также вопросы нового экономического типа плотин, регулирования рек и т. д.

Перехожу теперь к вопросам затруднений в части организационной.

В отношении организационной стороны прежде всего следует отметить ненормальность положения, что институты, работающие в области гидротехники в нашем Союзе, находятся в состоянии некоторой отчужденности и замкнутости. Они не обмениваются опытом и не склонны к плановой совместной работе и, вообще говоря, не поддерживают той дружеской связи и надлежащей установки, которая могла бы избавить от разных нежелательных явлений, как, например, параллелизм в работе, ложная конкуренция и тому подобное. Поэтому, мне кажется, что с созданием известного центра в нашей дальнейшей работе в области гидротехники такая ненормальная обстановка будет изжита, и можно только пожелать вместо нее хорошей дружеской и товарищеской связи наших институтов, работающих в одной и той же области, и тогда целый ряд ненормальных явлений отпадает.

Тематика, которая стоит в связи с проблемой Большой Волги, настолько велика, что можно было бы даже говорить о создании отдельного специального института для нее, при нормальной нагрузке уже существующих институтов. Мы еще не можем предвидеть всего организационного размаха такого института, если осуществление проблемы Большой Волги пойдет быстрым темпом. Поэтому сейчас, конечно, нельзя говорить о каком-либо сокращении сети институтов; необходимо лишь говорить об ее укреплении и развитии материальной базы в виде лабораторий, в частности — лабораторий открытого типа, и надлежащего экспериментального оборудования. Поэтому те предложения, которые делались в этом направлении, необходимо включить в нашу резолюцию.

Другая сторона — та, что наши институты недостаточно хорошо связаны с производством, как правильно отметил один из оппонентов. Необходимо эту связь усилить. Каким образом это сделать?

До сих пор институты, конечно, плетутся за производством. Наш институт пытался поставить перед производством вопросы исследовательских работ, которые нужны Большой Волге — в области гидрогеологии и гидротехники, намеревался выпустить специальную брошюру для ознакомления с ней широких кругов техников. Однако эта

брошюра до сих пор не вышла, хотя была подготовлена еще в феврале 1933 г.

Мне думается, что для усиления связи надлежало бы практически сделать следующее.

Метод всяких конференций достаточно себя дискредитировал, но все же иногда он является необходимым, и мне кажется, что нужно было бы созвать узкое совещание представителей всех проектирующих организаций и главных исследовательских институтов для того, чтобы договориться о направлении и организации работы на ближайшее время. Это не будет конференция в широком смысле, но деловое совещание проектирующих и строящих организаций и представителей главных исследовательских институтов.

Мне кажется, что такое совещание было бы полезным для того, чтобы установить не только основные наметки на ближайшие годы, но и для того, чтобы поговорить о формах связи, поскольку существующие формы сотрудничества исследовательских учреждений и производственных не всегда этой связи благоприятствуют. Надо сказать, что система договоров со всякими жесткими сроками, система хозрасчета, неправильно иногда понимаемая, не дает возможности институтам развернуть своей работы, а производство также не может им поручить той или иной работы, будучи связано известными формальными путами.

Такое деловое совещание было бы первым шагом к установлению живой и конкретной связи между этими учреждениями.

Вторая мера — активная работа самих институтов по подталкиванию производственников на путь постановки той или иной исследовательской работы, информация об уже имеющихся в институтах достижениях, что в Ленинграде, впрочем, имеется, так как выпуск трудов Ленинградского института НИИГ является наилучшей демонстрацией того, что имеется в институте и чем производство может воспользоваться, но все-таки в этом отношении работу можно и должно усилить.

Теперь о разграничении работы и ее общей организации.

Я думаю, что, поскольку теперь при Академии Наук создается центр для научного руководства исследовательской работы по проблеме Большой Волги, поскольку в этом центре будет гидротехничеекая ячейка, мы имеем залог того, что содержание и направление исследовательских работ будут иметь во главе достаточно авторитетную ячейку и достаточно авторитетного руководителя, к которым будут стекаться все возникающие вопросы.

Я думаю далее, что специфические вопросы не общегидротехнического порядка следует передать специальным институтам. Например, вопросы ирригации и мелиорации передать Институту Наркозема — Институту гидротехники и мелиорации, вопросы судоходства — Институту водного транспорта, вопросы лесо-сплава — соответствующему исследовательскому институту Затем, вопросы водоснабжения, специфические вопросы водоснабжения промышленности, должны перейти к Институту водоснабжения и санитарной техники, который имеется

и в Москве и в Ленинграде. Вопросы рыбного хозяйства также имеют свой Институт рыбного хозяйства.

Вопросы гидро-машин имеют своего представителя в лице Московского гидроэнергетического института. Таким образом, остаются вопросы общей гидротехники и гидроэнергетики, а также вопросы инженерной гидрогеологии.

Здесь наши институты, Ленинградский и Московский, могут действовать совместно, в зависимости от соотношения их сил, материальных средств, оборудования, установившихся связей и известных формальных положений, которыми ограничиваются задачи того или иного института. В основном распределение функций надо строить так, чтобы вопросы гидроэнергетики разрабатывались Лениинградским институтом, общие гидротехнические вопросы вел бы и Ленинградский и, частично, Московский институт (особенно в части, связанной с инженерной гидрогеологией, с грунтами и вытекающей отсюда специфичностью сооружений). Иногда эти институты могут заниматься работами параллельными, и в этом нет ничего плохого, при общей увязке работы. Излишняя детализация функций институтов не нужна, в известном смысле сфера каждого института может быть расширена. Нужно обеспечить возможность институтам развиваться и нормально расти.

Вопросы инженерной гидрогеологии разрабатываются по существу только в Исследовательском институте гидрогеологии и гидротехники в Москве.

В Ленинграде имеется Геолого-разведочный институт, но указанным вопросом он занимался мало. Это объясняется тем, что он имеет только лишь кабинет инженерной гидрогеологии, все прочие отделы института заняты совсем иной работой, но он, конечно, может быть привлечен и должен быть привлечен к работам в известной части; однако основная работа должна быть возложена на Московский институт.

Вот как я представляю себе существующую систему исследовательских институтов в области общей гидротехники и существующее соотношение сил, которым на ближайшее время и придется руководствоваться при распределении исследовательских работ и тематики. В дальнейшем же рост этих институтов будет зависеть прежде всего от роста тематики и от возможностей у каждого института для развития своего оборудования и своей базы. Но несомненно, мне кажется, что следовало бы поддержать идею совместной работы двух основных институтов — Ленинградского, который, главным образом, работает в области гидравлики и гидротехники, и Московского, который работает в области инженерной гидрогеологии и гидротехники, считая, что эти два центра должны развиваться и расти, поскольку и в том и в другом городе имеются достаточные научные силы, которые должны найти себе соответствующие условия и обстановку для ведения научно-исследовательских работ.

По такой схеме, которая, по моему, не может вызвать особых возражений, и следовало бы разграничить и распределять исследовательские работы.

Повторяю — возможность более тесной связи и более частого живого общения между указанными институтами была бы наилучшей формой согласования, правильного разграничения работ, распределения сил и залогом успеха.

Последнее соображение: мне кажется, что, несмотря на огромные стоящие перед нами работы, наши институты, которые уже имеют ряд достижений, должны справиться с предстоящей им исследовательской работой, которая возникнет в связи с проблемой Волги и которая является важной и вообще для гидротехники, для остальных областей нашего гидротехнического строительства. В резолюции мне кажется необходимо подчеркнуть уверенность, которая была высказана акад. Н. Н. Павловским на объединенном заседании Секции, в том, что самые сложные и тяжелые вопросы, которые перед нами стоят и которые во многих случаях не имеют разрешения в иностранной, мировой практике, — должны быть и будут нами разрешены.

Проф. Баумгарт (*заключительное слово*). Мне придется в своем заключительном слове до некоторой степени повторить проф. Гришина, так как у нас аналогичные темы. Присоединяясь в основном к тому, что он сказал, я бы хотел несколько конкретнее ответить на те выступления, которые имели место со стороны присутствующих.

Здесь затрагивается вопрос о разрыве между запросами производственных организаций и той продукцией, которую дают на сегодня научно-исследовательские институты, в связи с чем встал вопрос, какими методами этот разрыв ликвидировать. Действительно, этот разрыв существует, и надо сказать, что при разрешении ряда инженерных вопросов, в смысле затраты времени и средств, принципиальное решение задачи — это еще половина дела, а вторая часть работы — освещение этого принципиального решения до того состояния, когда им можно быстро пользоваться; у нас же научно-исследовательские институты дают иногда ответы в такой форме, которую сразу использовать нельзя. Это объясняется ограничением масштаба работ в смысле людей и средств, так как разработка вопросов до стадии удобного пользования в производстве требует весьма большой затраты времени и средств. И именно по этой линии особенно удобной является та договорная форма, которая существует между производственными организациями и научно-исследовательскими институтами, но нужно не только договариваться о тех вопросах, которые будут нас интересовать завтра, но и о тех вопросах, которые будут интересны послезавтра, и при некотором финансировании нужно добиться, чтобы эти научно-исследовательские ответы были приведены в такой вид, который являлся бы удобным для пользования, так как это сразу облегчит работу. В отношении Волжской проблемы мы в ближайшем будущем ставим задачей получить именно такие работы, которые могли бы применяться.

Второй вопрос, это — вопрос о тесной рабочей увязке персонала институтов с персоналом проектирующих организаций, вопрос уменья совместно работать; здесь полезно даже некоторое совместительство, которое позволит использовать работников института в производстве

и даст возможность производству, в свою очередь, поставить интересующие его вопросы в институте. Это очень полезная форма работы, но на сегодняшний день эта форма связи затрудняется целым рядом формальных причин, а между тем она могла бы дать большой положительный эффект. Жизнью форма эта уже создана, и на нее приходится итти.

Те вопросы, которые выдвигали отдельные оппоненты и которые затронул проф. Гришин, касаются также вопроса о намывных плотинах и о лабораториях открытого типа. По вопросу о намывных плотинах я считаю, что центр тяжести здесь не лежит в лабораторных экспериментах, а в привлечении из за границы двух-трех опытных инженеров, имеющих большой стаж работы, для производства наших работ. Попытка подойти к этой работе лабораторным путем означает и будет равносильна тому, что мы прибавим к этому вопросу всю сумму детских болезней и дискредитируем его на определенное время. Привлечение названных специалистов необходимо для того, чтобы поставить хозяйство на ноги, и тогда дело пойдет.

Что касается вопроса о гидравлике эксплоатации, то это очень существенный вопрос, который был выдвинут акад. Н. Н. Павловским и на данном заседании—В. И. Давидовичем. Действительно, исследование существующей эксплоатации сооружений указывает на катастрофическое положение в этом вопросе, и это происходит потому, что многомиллионные сооружения, как правило, эксплоатируются не гидротехниками, а в лучшем случае инженерами других специальностей. Поэтому состояние сооружения и методы его эксплоатации — варварские. Проектировать сооружение на такое варварское его использование — недопустимая вещь. Сейчас мы даже требуем от тракториста, чтобы он знал трактор, но когда мы отдаем гидростанцию в эксплоатацию либо тепловика либо даже, что хуже еще, — десятников, которые в момент пропуска паводков даже не представляют себе, как должно работать сооружение, — то проектировать последнее на такую эксплоатацию — это значит проектировать на бесцельную затрату колоссальных средств.

Есть киргизская пословица: «у вора одна дорога, а у преследующих тысячи», — и угадать, как можно эксплоатировать сооружение наиболее безграмотно и плохо, — невозможное дело. Поэтому наши нормы проектирования «на худший случай» — в известной мере фантастичны, недопустимы и страшно удорожают сооружение.

Мы должны поэтому отразить в резолюции, что одной из существенных сторон удорожания строительства является его расчет на бесплановую и бессистемную эксплоатацию. Такое положение не должно быть терпимо, и вопросы эксплоатации должны быть соответствующим образом поставлены, — тем более, что в других областях промышленное строительство второй пятилетки проходит под флагом правильного освоения, и у нас, в гидротехнике, не должно остаться положение, когда эксплоатация рассчитывается на случайность.

В смысле организационном, я думаю, что можно добавить немного. Подчеркну, что при распределении тематики и при разграничении

функций институтов исключительное значение имеет близкое знакомство научно-исследовательских институтов с деталями производства, которые они собираются обслуживать.

Все эти вопросы не могут быть разрешены, если мы не будем сами близко знакомы с состоянием Волжской проблемы. Поэтому отмечу, что начатая НИС несколько формально кампания за прикрепление научно-исследовательских институтов к крупным объектам, в конце концов, принципиально является правильной. Возьмем пример из нашей практики: хотя наш научно-исследовательский институт и был достаточно увязан со «Средволгостроем», но после прикрепления, когда был создан дополнительный импульс, ни одна из тем не ставится в институте, если она не согласована с представителями «Средволгостроя», и самое направление работ ведется в тесном контакте. Кроме того руководящий состав этой организации принимает участие в работах наших ТЭС. Таким образом, получается необходимая увязка, при которой возможно правильно отвечать на поставленные вопросы.

Не возражая в основном против установки, выдвинутой акад. Н. Н. Павловским, все же я подчеркиваю, что фактическое распределение тематики будет определяться соотношением сил, материальной базой и производственной связью институтов.

Председатель. Как видно из докладов, прений и заключительных слов докладчиков, можно признать вполне правильным перечень научно-исследовательских работ, который изложен докладчиками и дополнен присутствующими. Этот перечень в достаточной степени охватывает основной круг вопросов в связи с реконструкцией Волги. В постановление Секции этот перечень придется внести в сокращенном виде, что следует поручить той же комиссии, которая должна быть выбрана для составления сводной резолюции по Секции (*принимается*)

Далее, научно-исследовательские вопросы гидротехнических сооружений по Большой Волге следует в основном оставить за двумя институтами: НИИГ и Гидротехгео, с привлечением других институтов по отдельным специальным вопросам, как было выше отмечено.

Проф. Баумгарт. Я бы привел некоторую оговорку: за исключением случаев, когда будет установлено, что в одном из других институтов выявится возможность постановки и общего вопроса в связи с рационализаторскими или другими предложениями (*предложение председателя с поправкой проф. В. С. Баумгарта принимается*).

Председатель. Обращаясь к организационным предложениям, позвольте наметить следующее:

1) В составе Академии Наук необходимо образование особого Бюро по реконструкции Волги, целесообразность которого не вызывает сомнений.

2) Весьма желательно, чтобы в составе различных учреждений, занятых разработкой гидротехнической стороны проблемы Большой Волги, были образованы особые бюро или группы по научно-исследовательской работе; равным образом особые бюро или группы, ответственные за выполнение соответствующей части работы, должны быть

образованы в отдельных научно-исследовательских институтах, привлекаемых для гидротехнических работ по Большой Волге.

3) К научно-исследовательским работам по проблеме Большой Волги необходимо привлечь Всесоюзный совет научных инженерно-технических обществ и изобретательскую мысль СССР.

4) Для использования опыта крупных гидротехнических строительств следует признать желательным, чтобы Академией Наук организовывались научные экспедиции на места гидротехнических строек для исследовательской работы на местах возводимых и построенных сооружений, для научно-технической проверки новых расчетных и конструктивных предложений отдельных строительств и для дальнейшего развития и обобщения этих предложений (*принимается*).

Я полагал бы нужным отметить, что при создании в Академии Бюро Волги в его составе надлежит образовать Секцию гидротехнических сооружений и на ближайшей сессии этой секции желательно заслушать информационные доклады основных гидро-исследовательских институтов о проделанной ими работе, поскольку не все работы эти нашли отражение в печати. На данной Сессии Академии Наук этого не предполагалось, поскольку и Бюро Большой Волги при Академии еще нет; устраивать же здесь какой-то съезд по вопросам гидротехники — считалось нерациональным. Вот почему и не было здесь названных информационных докладов. Теперь я предлагаю принять пожелание о том, чтобы в ближайшее время Волжским Бюро АН такие доклады были организованы (*принимается*)

Первый вопрос закончен, но я должен изменить дальнейший порядок дня, так как сейчас получил извещение о необходимости участвовать в совещании председателей секций по подготовке к вечернему заседанию Общего Собрания АН. Позвольте поэтому обратиться к вопросу о сводной резолюции по Секции.

Согласно наметке, которая была вчера сделана комиссией под председательством акад. Г. М. Кржижановского, предлагаю в первом разделе нашей сводной резолюции указать данные о составе Секции, числе заседаний, числе докладов, их распределении по проблемам и пр.

Во втором разделе — привести основные заключения, связанные с проблемой проектирования волжских гидро-сооружений, а именно: о плотинах на слабых основаниях (с указанием, в частности, на метод электрогидродинамических аналогий); о гасителях энергии в связи с предложением по вопросу о гидравлике пропуска воды через плотины при эксплоатации гидроустановок; о земляных плотинах (с указанием о плотинах намывных); о применении портланд-цементов в гидросооружениях; о лабораторной базе и опытном строительстве; об изучении метода подобия.

В третий раздел — внести сокращенный перечень тех научно-исследовательских проблем в области гидросооружений, которые связаны с реконструкцией Волги.

Наконец, в четвертом разделе следует поместить наши предложения организационного характера, принятые выше. Для выработки сводной резолюции предлагаю образовать комиссию.

[*Указанные предложения Председателя принимаются. Комиссия для составления сводной резолюции выделяется в составе: акад. Павловский, акад. Веденеев, проф. Баумарт, проф. Гришин, инж. Давидович (секретарь)*].

Председатель. Теперь разрешите передать председательствование проф. М. М. Гришину.

М. М. Гришин. Слово предоставляется В. М. Маккавееву для доклада на тему «О плановом очертании струенаправляющих сооружений мостовых переходов».

В. М. МАККАВЕЕВ

О ПЛАНОВОМ ОЧЕРТАНИИ СТРУЕНАПРАВЛЯЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ [1]

I. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

§ 1. Струенаправляющие сооружения мостовых переходов. Из многочисленных применений струенаправляющих сооружений мы предполагаем остановиться на частной категории случаев, на тех, именно, из них, при которых потоку имеется в виду придать форму, отвечающую постепенному уменьшению вдоль течения площадей поперечных сечений. Может это иметь место, напримеp, при мостовых переходах через водотоки с перекрытием части поймы глухими дамбами; при проектировке узлов гидротехнических сооружений; при намечении очертания входного участка боковых ответвлений каналов и т. п. Напротив того, вопрос о выборе направления струенаправляющих сооружений, закрепляющих трасу речного потока, — при придании ему приблизительно постоянной ширины, — оставляется нами в стороне.

Причина, почему при проектировании, скажем, мостовых переходов приходится прибегать к возведению струенаправляющих дамб, усматривается уже из того соображения, что при отсутствии указанных дамб и при одновременном наличии глухой дамбы, примыкающей к мосту и перекрывающей часть поймы, поток должен был бы на некотором расстоянии ниже моста получать добавочное сжатие, обусловленное сходом струй в месте отверстия по касательной к направлению обрывающегося тут «контура», причем — на ряду с образованием пространств «отжима» и неполным, следовательно, использованием перекрываемого дорого стоящим металлическим строением отверстия — большие осложнения должен был бы принести получающийся косой подход струй к отверстию и связанные с ним неудобства для судовых караванов. Для иллюстрации сказанного числами переведем здесь же хорошо согласующиеся с опытом коэффициенты сжатия φ, получен-

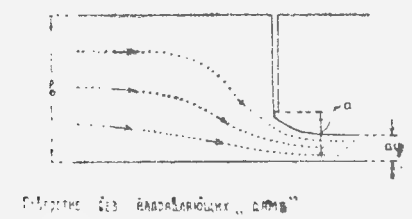
[1] Настоящий доклад дает сводку части теоретических работ, проведенных автором в связи с лабораторными исследованиями мостового перехода р. Волги у г. Горького в Гидротехнической лаборатории им. проф. В. Е. Тимонова при ЛИИВТ'е.

ные Мизесом и другим чисто теоретическим путем для следующей простой схемы одностороннего отверстия (см. фиг. 1). Коэффициенты даны в табл 1.

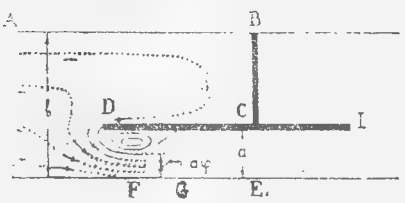
Таблица 1

a/b	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
φ	0.611	0.612	0.616	0.622	0.633	0.644	0.662	0.687	0.772	0.781

Не следует, однако, думать, что достаточно иметь только большую длину дамб и обеспечение «параллелоструйности» под мостом, и вопрос будет решен. Для пояснения остановимся на схеме фиг. 2, когда дамба взята хотя и большой длины, но прямолинейная и параллельная оси отверстия. Хотя под мостом, который мы предполагаем



Фиг. 1.



Фиг. 2.

расположенным по линии CE, и будут условия, не оставляющие желать лучшего, тем не менее у верхового конца дамбы мы получим условия, даже значительно худшие, чем в случае фиг. 1 у отверстия. Дело в том, что в точке D будет иметь место сход струй в направлении, прямо противоположном общему направлению потока, и сжатие на траверсе F окажется большим, чем в случае фиг. 1. Так, считая, что в предельном случае, при очень большой длине DC, скорости вдоль BC равны нулю, можем притти к следующей системе уравнений, где v — скорость, p — давление, а значки 0, 1, 2 отвечают сечениям на траверсах A, F, BC:

$$\frac{v_0^2}{2g} + \frac{p_0}{\gamma} = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_2}{\gamma},$$

$$\frac{bv_0}{g}(v_1 - v_0) = \frac{p_0}{\gamma} b - \frac{p_2}{\gamma}(b - a) - \frac{p_1}{\gamma} a,$$

$$\varphi_1 a v_1 = b v_0.$$

Совместное решение уравнений приводит к формуле для коэффициента сжатия:

$$\varphi_1 = \frac{b}{a}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{a}{b}}\right].$$

Значения φ_1 приведены в таблице 2

Таблица 2

a/b	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
φ_1	0.560	0.514	0.528	0.544	0.563	0.586	0.612	0.646	0.691	0.760

Отметим, что увеличение скоростей в сжатом сечении, связанное с обращением части потенциальной энергии в энергию кинетическую, обусловливает падение уровня поверхности к сжатому сечению величиною

$$\frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_0^2}{2g} = \left(\frac{b^2}{\varphi^2 a^2} - 1\right)\frac{v_0^2}{2g}.$$

Приведенные выше таблицы позволят оценить значение коэффициента последней формулы, могущего получить весьма большие значения.

Из всего сказанного вытекает требование придания дамбам такого «разворота», чтобы отжима струи у верхнего конца дамбы (или в другом каком-либо месте струенаправляющей дамбы) — с получением «сжатого сечения» и связанных с образованием у последнего неблагоприятных условий — не было.

В частности, должны отсутствовать сосредоточенные «перепады», отвечающие обращению потенциальной энергии в кинетическую (напр. на участке DF на фиг. 2) или, обратно, частичному восстановлению потенциальной энергии (на участке FG и у I на фиг. 2).

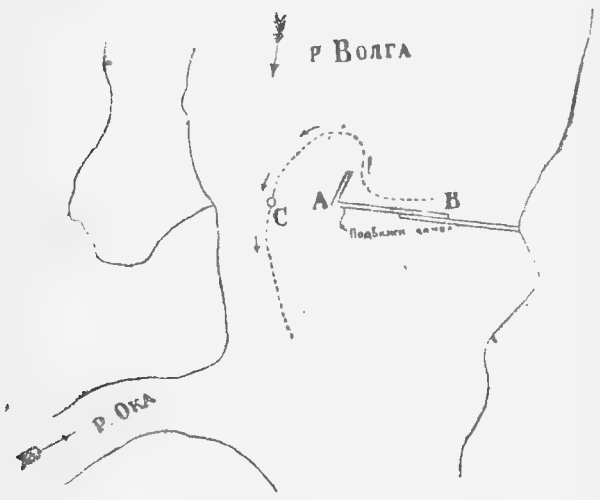
Указанных требований оказывается все же мало. Для удобства провода судов необходимо такое развитие длины струенаправляющих дамб в месте их «разворота», чтобы в районе судового хода отсутствовали сколько-нибудь значительные поверхностные уклоны и не получалось линий тока большой кривизны.

Наконец, особая группа требований относится к вопросам устойчивости ложа: на участке моста и перед ним должны отсутствовать интенсивные размывы, ниже моста неизбежные районы уменьшения скоростей и выпадения наносов не должны приходиться на участки судового хода и др.

§ 2. О теоретическом определении планового очертания струенаправляющих дамб. Задача о рациональном очертании в плане струенаправляющих сооружений представляется исключительно трудной и думать, что правильное решение может быть получено, исходя из каких-либо элементарных соображений или при руководстве практикой ранее исполненных сооружений и т. п., вообще говоря, нельзя. Действительно, условия в каждом отдельном случае оказываются обычно настолько своеобразными, что метод переноса заключений по аналогии не гарантирован от возможности грубых ошибок. При таких условиях установление метода теоретического подхода к решению задачи, хотя бы при упрощенной схеме последней, могло бы иметь большое значение. На изложении попытки освещения вопроса теоретическим путем мы и останавливаемся ниже, сказав предварительно несколько слов о другом, также имеющем большое значение методе — методе лабораторном.

Обычно лабораторные исследования имеют дело только с поверкой вариантов, составленных на основании тех или иных соображений и лишь исправляемых в лаборатории, и первенствующая роль последней в такой поверке представляется, конечно, бесспорной. На ряду

с этим можно в некоторых случаях использовать лабораторные опыты и для непосредственного определения искомых кривых планового очертания сооружений, подобно тому, как в методе Creager'a построения водосливной кривой плотины используются опыты Базена для водослива с тонкой стенкой. Так, можно было бы применить метод фотографического зачерчивания путей поплавков, пускаемых с укороченной дамбы со шпорой (фиг. 3). Подвижная часть дамбы должна быть установлена при этом так, чтобы сходящие с оконечности шпоры поплавки проходили через точку *C* действительной грани мостового отверстия. Следует, однако, заметить, что необходимость работы со светящимися поплавками, не обладающими пренебрежимо малой инерцией, имеет своим следствием значительные иногда отклонения путей поплавков от действительных линий тока, изгибы и повороты которых оказываются — благодаря инерции поплавков — несколько утрированными. Между тем как раз в настоящем случае требование получения максимальной возможной точности фиксирования правильных линий тока играет решающую роль и заставляет отдавать предпочтение чисто теоретическому методу построения, когда такой возможен.



Фиг. 3.

Излагаемый ниже метод построения линий тока, отвечающих заданным пограничным условиям, исходит из допущения о возможности принятия жидкости за идеальную и действительной задачи за задачу плоскую: при более сложных исходных положениях пришлось бы оказаться лицом к лицу с почти непреодолимыми трудностями.

Допущение о возможности принятия жидкости за идеальную может быть отчасти обосновано тем обстоятельством, что в рассматриваемых случаях изучается область, на протяжении которой происходит резкое изменение кинетической энергии потока, получающего постепенно уменьшающиеся сечения. Действительно, при этом в дифференциальных уравнениях движения реальной жидкости, «инерционные члены», характеризующие неравномерность движения по длине, должны приобретать превалирующее значение по сравнению с членами диссипации энергии. Последними бывает можно, конечно — при определенных соотношениях, пренебречь. Заметим, что наличие или отсутствие подобных «соотношений» может быть оценено сопоставлением поверхностного уклона, отвечающего «воронке постепенного сжатия струи к отверстию» и переходу потенциальной энергии в энергию кинетическую, с поверхностным уклоном, соответствующим обычному

турбулентному движению и потерям на «трение», в условиях же большинства рек представляющимся крайне малым. Укажем, что величина последнего уклона, меняющегося — соответственно увеличению скоростей вдоль потока — от точки к точке, может быть присоединена к значению для основного теоретического решения, о котором говорилось выше, в виде некоторого добавка.

Допущение о возможности принятия задачи за плоскую могло бы быть принято, в отдельных практических задачах, только со значительно большими оговорками. Следует, однако, заметить, что в условиях высоких половодий относительная разность глубин на смежных участках не является обычно большой. Далее, учитывая, что неровности дна должны оказать влияние по преимуществу на скорости донные, а не поверхностные, можем сказать, что в тех случаях, когда главное внимание должно быть обращаемо на удобства прохождения судов и, в соответствии с этим, на направление поверхностных струй, возможность трактовки задачи, как задачи плоской, имеет за себя добавочный аргумент.

Не упуская из внимания всего сказанного, нужно, конечно, не забывать, что теоретические решения, получаемые из рассмотрения плоской задачи, должны подлежать корректированию путем учета условий задачи пространственной, причем особую роль может иметь поверочное исследование теоретических схем на модели.

§ 3. **Дифференциальные уравнения задачи и метод ее решения.** Один из способов математической записи динамических условий в жидкости, отвечающих обычному для речного потока и для большинства потоков лабораторных турбулентному режиму, состоит в пользовании дифференциальным уравнениями, аналогичными уравнениями Навье-Стокса, но заключающими, вместо коэффициента физической вязкости μ, коэффициент вязкости виртуальной, который условимся называть A:[1]

$$\frac{dv_x}{dt} + v_x\frac{dv_x}{dx} + v_y\frac{dv_x}{dy} + v_z\frac{dv_x}{dz} = X - \frac{g}{\gamma}\frac{dp}{dx} + \frac{g}{\gamma}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(A\frac{dv_x}{dx}\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{\partial}{\partial y}\left(A\frac{dv_x}{dy}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(A\frac{dv_x}{dz}\right)\right],$$

$$\frac{dv_y}{dt} + v_x\frac{dv_y}{dx} + v_y\frac{dv_y}{dy} + v_z\frac{dv_y}{dz} = Y - \frac{g}{\gamma}\frac{dp}{dy} + \frac{g}{\gamma}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(A\frac{dv_y}{dx}\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{\partial}{\partial y}\left(A\frac{dv_y}{dy}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(A\frac{dv_y}{dz}\right)\right],$$

$$\frac{dv_z}{dt} + v_x\frac{dv_z}{dx} + v_y\frac{dv_z}{dy} + v_z\frac{dv_z}{dz} = Z - \frac{g}{\gamma}\frac{dp}{dz} + \frac{g}{\gamma}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(A\frac{dv_z}{dx}\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{\partial}{\partial y}\left(A\frac{dv_z}{dy}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(A\frac{dv_z}{dz}\right)\right].$$

[1] Ср. работы Буссинеска, Шмидта и др., а также работы автора: «Теория процессов перемешивания при турбулентном движении свободных потоков и вопросы зимнего режима рек», Зап. Гос. Гидрол. инст., т. V, стр. 75—116, Лгр. 1931; «Движение русловых потоков и общие вопросы турбулентного движения жидкости» Труды IV Балт. Гидрол. конференции, Лгр. 1933 и др.

Здесь: v_x, v_y, v_z — проекции на координатные оси скорости — «осредненной», т. е. освобожденной от влияния «пульсации», но отнесенной к данной точке x, y, z и к данному моменту времени t. X, Y, Z — проекция массовых сил, действующих на жидкость; g — ускорение силы тяжести.

Если ось z мы направим вертикально вверх, расположив при этом начало на уровне некоторой горизонтальной плоскости сравнения, и учтем, что в обычных условиях проекция v_z близка к нулю, величины же проекций массовых сил будут

$$X=0, \quad Y=0, \quad Z=-g,$$

то третье из уравнений сможем переписать так:

$$0=-g-\frac{g}{\gamma}\frac{\partial p}{\partial z}$$

и найти его интеграл

$$p=-\gamma z+[p_0+\gamma\zeta(x,y)]=p_0+\gamma[\zeta(x,y)-z],$$

где p_0 атмосферное давление, $a\zeta(x, y)$ — отметка свободной поверхности жидкости.

Ограничиваясь в дальнейшем движением установившимся и при том упоминавшимся выше его случаем, отвечающим «резкой неравномерности» с увеличением скоростей в сторону течения, мы можем, в первом приближении, пренебречь в первых двух из ранее описанных уравнений членами, включающими коэффициент A и представляющимися малыми по сравнению с левыми частями уравнений.

При этом мы будем иметь (при $v_z \approx 0$):

$$\left.\begin{aligned} v_x\frac{\partial v_x}{\partial x}+v_y\frac{\partial v_x}{\partial y}&=-g\frac{\partial\zeta_1}{\partial x};\\ v_x\frac{\partial v_y}{\partial x}+v_y\frac{\partial v_y}{\partial y}&=-g\frac{\partial\zeta_1}{\partial y}, \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

где символом ζ_1 обозначено решение для ζ, отвечающее первому приближению. Во втором приближении ζ можно, вообще говоря, представить в виде суммы

$$\zeta=\zeta_1+\zeta_2,$$

где ζ_2 при дифференцировании по x и y будет определять те добавочные поверхностные уклоны, которые будут необходимы потоку для преодоления трения, соответствующего скоростям v_x, v_y, полученным в решении первого приближения. Дифференциальные уравнения для ζ_2 будут при этом:

$$0=-g\frac{\partial\zeta_2}{\partial x}+\frac{g}{\gamma}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(A\frac{\partial v_x}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(A\frac{\partial v_x}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(A\frac{\partial v_x}{\partial z}\right)\right]$$

и

$$0=-g\frac{\partial\zeta_2}{\partial y}+\frac{g}{\gamma}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(A\frac{\partial v_y}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(A\frac{\partial v_y}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(A\frac{\partial v_y}{\partial z}\right)\right].$$

Если допустить, что в уравнении несжимаемости членом

$$\frac{\partial v_z}{\partial z}$$

можно пренебречь, то решение уравнений (1) первого приближения сведется к плоской задаче теории идеальной жидкости. При трактовке последней задачи признается возможным — как в целях упрощения, так и по ряду соображений — ограничиться случаем потенциального движения, когда кроме функции тока $\psi(x, y)$ будет существовать функция $\varphi(x, y)$ скоростного потенциала. При этом мы будем иметь, с одной стороны —

$$\left.\begin{aligned} v_x &= \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\partial \psi}{\partial y} \\ v_y &= \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{\partial \psi}{\partial x}, \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

с другой же стороны —

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \qquad \text{и} \qquad \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = 0.$$

Теория говорит, что задача определения v_x и v_y из уравнений (2) и (3) может быть формально решена, если, при принятии плоскости x, y за плоскость комплексной переменной $z = x + iy$, разложить произвольную аналитическую функцию $W(z)$ на вещественную и мнимую части и взять первую из них за функцию $\varphi(x, y)$, коэффициент же при i второй — за функцию $\psi(x, y)$. При этом мы имели бы

$$W(z) = \varphi(x, y) + i\psi(x, y) \qquad (3)$$

и, кроме того, как легко может быть показано,

$$\frac{dW}{dz} = W'(z) = v_x - iv_y. \qquad (4)$$

Из бесконечного числа возможных решений должно быть, однако, принято только удовлетворяющее имеющимся в наличии пограничным условиям дифференциальных уравнений (1), интеграл которых в рассматриваемом случае потенциального движения жидкости имеет вид

$$\frac{v_x^2 + v_y^2}{2g} + \zeta_1(x, y) = C, \qquad (5)$$

где C одна и та же для всей области потока постоянная.

Значение ζ_1 и вместе с тем значение абсолютной скорости

$$V = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{2g(C - \zeta_1)} \qquad (6)$$

бывает обычно известно для крайних линий тока — на некотором протяжении последних, на остальном же их протяжении бывает при этом вместо значения V задано ее направление, что сводится к заданию для всего протяжения указанных линий тока так называемого годографа

скоростей («плана скоростей»), отвечающего изображению потока на плоскости комплексной переменной

$$v_x + iv_y.$$

Беря зеркальное отображение плана скоростей относительно вещественной оси, мы получаем, соответственно формуле (4), плоскость переменной

$$W'(z) = v_x - iv_y,$$

причем «план» функций $W'(z)$ для крайних линий тока оказывается заданным. При наличии такого задания метод решения задачи о нахождении на исходной плоскости x, y (т. е. на плоскости переменной $z = x + iy$) очертания крайних линий тока, отвечающих поставленным условиям для ζ_1, должен состоять в попытке нахождения аналитического выражения W' и dW через одну и ту же вспомогательную переменную $z^* = x^* + iy^*$

Действительно, имея зависимости

$$\left.\begin{aligned} W' &= f_1(z^*) \quad \text{и} \\ dW &= f_2(z^*)\, dz^* \end{aligned}\right\} \tag{7}$$

и зная, кроме того, изображение искомых линий тока на плоскости z^*, мы можем — путем интегрирования уравнения

$$dz = \frac{dW}{W'} = \frac{f_2(z^*)}{f_1(z^*)}\, dz^* \tag{8}$$

и разложения интеграла

$$z = x + iy = \int \frac{f_2(z^*)}{f_1(z^*)}\, dz^* + \text{const} \tag{9}$$

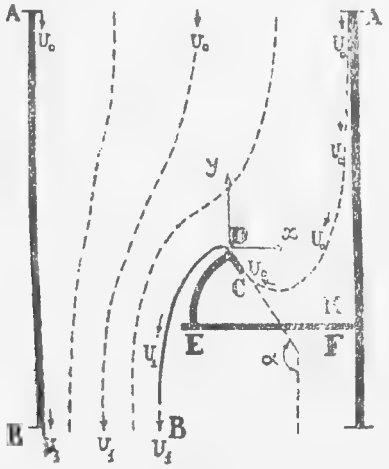
на вещественную и мнимую части — найти соответственные значения координат x и y.

В следующей части мы приводим ряд исполненных нами примеров.

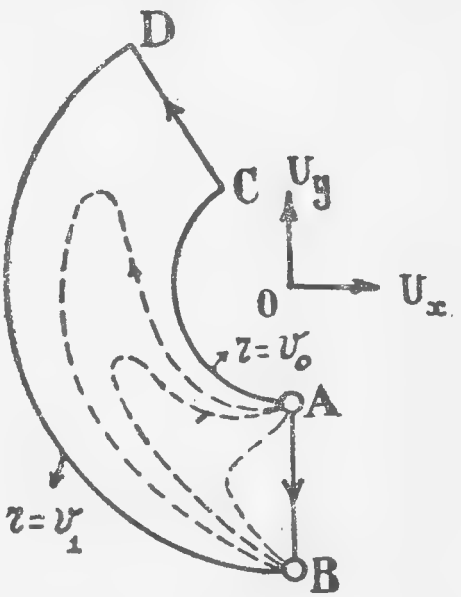
II. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА К ЧАСТНЫМ ЗАДАЧАМ. СЛУЧАЙ ЗАДАНИЯ ПОСТОЯННОЙ ВЕЛИЧИНЫ СКОРОСТИ ВДОЛЬ КРИВОЛИНЕЙНОГО УЧАСТКА ДАМБЫ ПРИ ПРЕДПОЛОЖЕНИИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЗАСТОЙНЫХ ОБЛАСТЕЙ НА ВЕРХОВОМ УЧАСТКЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО РУСЛА

§ 1. Простейшие случаи. Соответственно фиг. 4 предположено, что при наличии в русле дамбы EF, расположенной, например, в лабораторном лотке, у последней имеется «шпора» EDC, вызывающая сход крайней линии тока по кривой DB, каковая могла бы быть принята за одно из возможных направлений струенаправляющих сооружений. Вдоль линии AC мы допускаем существование особой застойной зоны, значение для которой ζ_1 (см. выше) мы принимаем

равным постоянной a. Допуская, что между застойными областями и основной струей «обмен», наличие которого могло бы привлечь возникновение «ступеньки» — разницы поверхностей двух соприкасающихся областей жидкости, — отсутствует, мы приходим к постоянным значениям ζ_1 для каждой из линий AC и DB, считая для первой, как указывалось выше, $\zeta_1 = a$ и для второй $\zeta_1 = b$. Постоянство отметок ζ_1 влечет за собой постоянство вдоль указанных линий тока скоростей, оказывающихся равными: на AC величине v_0 — скорости на весьма большом расстоянии выше отверстия, где скорость по сечению предполагается постоянной, и на DB величине v_1 — скорости в сжатом сечении ниже отверстия. Заметим, что постоянство ζ_1 не исключает в действительности существования вдоль AC и DB поверхностного уклона — соответственно наличию добавка второго приближения ζ_2 (см. выше).



Фиг. 4.



Фиг. 5.

План скоростей $(v_x + iv_y)$ строится для крайних линий тока так (фиг. 5): на большом расстоянии выше отверстия вектор скорости для каждой из рассматриваемых линий дает, при откладывании от начала координат, одну и ту же точку $(0 + iv_0)$, обозначаемую нами буквой A. Вдоль криволинейной линии тока мы имеем, далее, постоянное значение модуля вектора скорости на участке AC, где, соответственно изменению только направления скорости, на плане скоростей будет меняться только аргумент, и кривая AC получится в виде дуги окружности радиуса v_0 — дуги, заканчивающейся в C. Последняя точка отвечает началу шпоры, наклоненной под углом α к первоначальному направлению скорости в точке B и дающей на своем протяжении постепенное увеличение скорости от величины v_0 до величины v_1 в точке D без изменения направления. На плане скоростей CD получается в виде отрезка радиуса, обозначенного соответственными буквами. Вдоль линии тока DB изменяется только направление скорости, и на плане скоростей получается дуга окружности радиуса v_1,

заканчивающаяся в точке B сжатого сечения, где вектор скорости для другой линии тока будет равен той же величине. Эта последняя, прямолинейная линия тока изобразится на плане скоростей отрезком радиуса AB. Что касается любой из промежуточных линий тока, то все они будут начинаться в A и заканчиваться в B соответственно постоянству вектора скорости в сечениях AA и BB, причем этими линиями тока будет заполнена площадь отрезка кольца $ACDBA$.

(Относительно деталей построения плана скоростей для некоторых других частных случаев с аналогичными пограничными условиями, но при схемах, могущих быть использованными уже при расчете ответвлений каналов, можно указать нашу работу: «О теоретическом определении коэффициентов местных гидравлических сопротивлений», Труды ЛИИВТ'а, вып. I, Лгр. 1932, стр. 66—102.)

Беря зеркальное отображение плана скоростей относительно вещественной оси, мы получаем плоскость комплексной переменной $v_x - iv_y$, равной, как отмечалось выше, величине

$$W' = \frac{dW}{dz}$$

и могущей быть представленной в виде функции комплексной переменной $z = x + iy$ основной плоскости течения. Последнее обстоятельство указывает на то, что план на плоскости $v_x - iv_y$ может рассматриваться как некоторое движение идеальной жидкости между контурными линиями $ACDB$ и AB, притом такое движение, которое рядом так называемых конформных преобразований можно привести в совпадение с действительной картиной движения на плоскости $z = x + iy$. Обращаемся к самой последовательности конформных преобразований данного частного случая.

Умножая функцию $W' = v_x - iv_y$ на величину

$$-\frac{1}{v_1} i = \frac{1}{v_1} e^{-i\frac{\pi}{2}},$$

мы от фиг. 6 переходим к фиг. 7, отвечающей линейному уменьшению масштаба в v_1 раз и повороту всего чертежа по часовой стрелке на угол $\frac{\pi}{2}$. Возведение полученной функции в степень π/α:

$$\chi = \left(-i\frac{W'}{v_1}\right)^{\frac{\pi}{\alpha}},$$

обращает на фиг. 8 отрезок кольца в полукольцо. Внешний радиус последнего сохраняется при этом без изменения, так как возведение единицы в любую степень дает единицу, внутренний же радиус, бывший равным $\frac{v_0}{v_1} =$ (обозначаем) ε, оказывается теперь

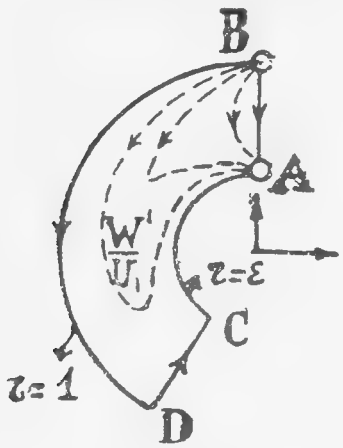
$$\left(\frac{v_0}{v_1}\right)^{\frac{\pi}{\alpha}} = \varepsilon^{\frac{\pi}{\alpha}} = \text{(обозначаем)}\ \frac{1}{k},$$

Чтобы превратить полукольцо в прямоугольник, можно взять плоскость переменной

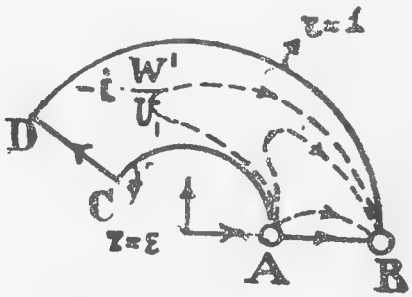
$$z^* = \ln \chi,$$

причем стороны прямоугольника DB и BA, расположенные как показано на фиг. 9, имеют длину π и $\ln k$.

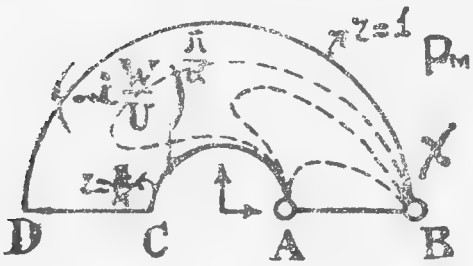
Схема последнего чертежа, на котором все линии тока начинаются в A и заканчиваются в B при совпадении крайних линий тока со сторонами прямоугольника AB и $ACDB$, приводит к эллиптическим функциям. Чтобы избежать их введения, рассматриваем последнюю схему



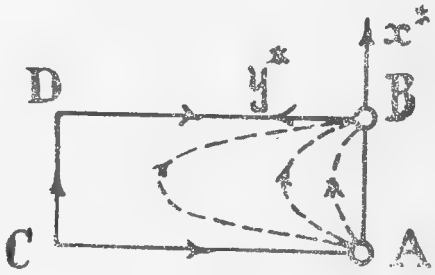
Фиг. 6.



Фиг. 7.



Фиг. 8.



Фиг. 9.

как результат наложения бесконечного числа положительных и отрицательных источников, расположенных в ряду на расстоянии 2π друг от друга, при расстоянии $\ln k$ между рядами и при чередовании рядов положительных и отрицательных источников (фиг. 10).[1]

Если ограничиться построением только участка кривой DB, мы за первое приближение можем взять решение, отвечающее одному ряду отрицательных источников, расположенных на мнимой оси фиг. 9 (эта ось здесь взята горизонтальной) в точках $2\pi ni$, где n любое целое число, принимающее как положительные, так и отрицательные значения. Для получения второго приближения к введенному ряду источников присоединяются два ряда положительных источников, расположенных на линиях

$$z^* = \ln k \quad \text{и} \quad z^* = -\ln k$$

[1] См. нашу упоминавшуюся работу в 1 вып. Трудов ЛИИВТ'а, стр. 77.

в точках

$$\ln k + 2n\pi i \quad \text{и} \quad -\ln k + 2n\pi i$$

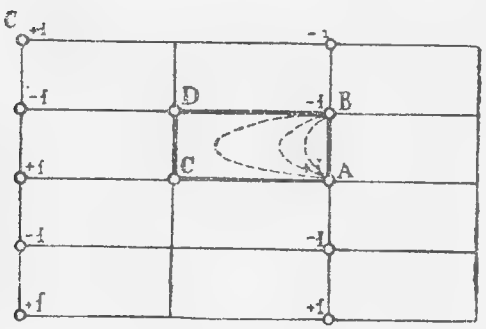
соответственно. Для третьего приближения два новых ряда отрицательных источников располагались бы на линиях

$$z^* = 2\ln k \quad \text{и} \quad z^* = -2\ln k$$

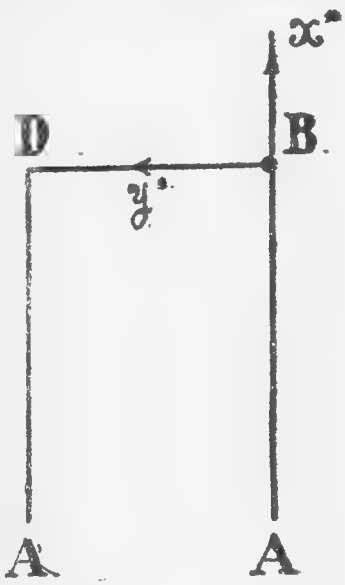
и т. д.

§ 2. Решение первого приближения. При введении только одного ряда источников имеем схему фиг. 11, причем решение, отвечающее прохождению между линиями тока AB и $ACDB$ расхода q, оказывается таким:

$$W = -\frac{2q}{\pi} \ln \sinh \frac{z^*}{2}.$$



Фиг. 10.



Фиг. 11.

Дифференцирование формулы дает

$$dW = -\frac{q}{\pi} \coth \frac{z^*}{2} dz^*.$$

С другой стороны, сопоставление двух выражений для χ предыдущего параграфа

$$\chi = \left(-i\frac{W'}{v_1}\right)^{\frac{\pi}{\alpha}} \quad \text{и} \quad \chi = e^{z^*}$$

позволяет определить W':

$$W' = iv_1 e^{\frac{\alpha z^*}{\pi}}.$$

Действительная картина течения в плоскости $z = x + iy$ получается, как отмечалось, так: $z = \int \frac{dW}{W'} + \text{const}$.

Подставляя найденные выражения для dW и W', находим

$$z = \frac{iq}{\pi v_1} \int e^{-\frac{\alpha z^*}{\pi}} \coth \frac{z^*}{2} dz^* + \text{const}.$$

Значение z^* в точке D есть $i\pi$, в других же точках линии DB некоторое $i\pi m$, где m вещественное число, заключенное в пределах $0 < m \leq 1$. Поэтому, располагая начало координат в точке D плоскости $z = x + iy$ (фиг. 4) и называя ширину сжатого сечения c $(= q/v_1)$, можем найти значение постоянной в формуле для z:

$$z = \frac{ic}{\pi} \int_{i\pi}^{i\pi m} e^{-\frac{\alpha z^*}{\pi}} \coth \frac{z^*}{2} dz^*.$$

При пользовании этой формулой нами были вычислены координаты кривых DB, отвечающих следующим восьми случаям.

Первый случай: $\alpha = \frac{\pi}{4}$.

Требуется найти и разложить на вещественную и мнимую части интеграл:

$$z = \frac{ic}{\pi} \int_{i\pi}^{i\pi m} e^{-\frac{1}{4} z^*} \coth \frac{z^*}{2} dz^*.$$

Переходим к переменной $s = -\frac{1}{4} iz^*$ и затем к $t = e^{-si}$

$$z = \frac{4ci}{\pi} \int_{i\pi}^{i\pi m} e^{-si} \frac{e^{2si} + e^{-2si}}{e^{2si} - e^{-2si}} d(si) = \frac{4ci}{\pi} \int_{t_1}^{t_2} \frac{t^4 + 1}{t^4 - 1} dt =$$

$$= \frac{4ci}{\pi} \left| t + \frac{1}{2} \ln \frac{t-1}{t+1} + \frac{i}{2} \ln \frac{t-i}{t+i} \right|_{t_1}^{i_2} = \frac{4ci}{\pi} \left| t + \frac{1}{2} \ln \frac{1-t}{1+t} + \frac{i}{2} \ln \frac{i-t}{i+t} \right|_{t_1}^{t_2} =$$

$$= \frac{4ci}{\pi} \left| \cos s - i \sin s + \frac{1}{2} \ln \operatorname{tg} \frac{s}{2} + \frac{i}{2} \ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{s}{2} \right) \right|_{s_1}^{s_2},$$

при $s_1 = \frac{1}{4} \pi$ и $s_2 = \frac{1}{4} \pi m$. Приравнивая вещественную часть z координате x, коэффициент же при мнимой координате y, находим

$$x = \frac{4c}{\pi} \left[-\sin \frac{\pi}{4} + \frac{1}{2} \ln \operatorname{tg} \frac{3\pi}{8} + \sin \frac{\pi m}{4} - \frac{1}{2} \ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi m}{8} \right) \right],$$

$$y = \frac{4c}{\pi} \left[-\cos \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} \ln \operatorname{tg} \frac{\pi}{8} + \cos \frac{\pi m}{4} + \frac{1}{2} \ln \operatorname{tg} \frac{\pi m}{8} \right].$$

Задавая различные значения m в промежутке $0 < m \leq 1$ получаем отдельные точки кривой.

Второй случай: $\alpha = \frac{\pi}{2}$.

$$z = \frac{ic}{\pi} \int_{i\pi}^{i\pi m} e^{-\frac{1}{2} z^*} \coth \frac{z^*}{2} dz^*.$$

Опуская промежуточные вычисления, приводим окончательный результат:

$$x = \frac{4c}{\pi}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\sin\frac{\pi m}{2}\right);$$

$$y = \frac{4c}{\pi}\left(\frac{1}{2}\cos\frac{\pi m}{2} + \frac{1}{2}\ln\operatorname{tg}\frac{\pi m}{4}\right).$$

Третий случай: $\alpha = \frac{3\pi}{4}$.

$$z = \frac{ic}{\pi}\int e^{-\frac{3}{4}z^*}\coth\frac{z^*}{2}\,dz^*$$

$$x = -\frac{4c}{\pi}\left[1 - \frac{1}{2}\ln\operatorname{tg}\frac{3\pi}{8} - \sin\frac{\pi m}{2} + \frac{1}{2}\ln\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi m}{8}\right)\right]$$

$$y = -\frac{4c}{\pi}\left[\frac{1}{2}\ln\operatorname{tg}\frac{\pi}{8} - \cos\frac{\pi m}{2} - \frac{1}{2}\ln\operatorname{tg}\frac{\pi m}{8}\right].$$

Четвертый случай: $\alpha = \pi$.

$$z = \frac{kc}{\pi}\int e^{-z^*}\coth\frac{z^*}{2}\,dz^*$$

$$x = \frac{4c}{\pi}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\pi m}{4} - \frac{1}{4}\sin\pi m\right)$$

$$y = \frac{4c}{\pi}\left(\frac{1}{4}\cos\pi m + \frac{1}{2}\ln\operatorname{tg}\frac{\pi m}{2}\right).$$

Пятый случай: $\alpha = \frac{5\pi}{4}$.

$$z = \frac{ic}{\pi}\int e^{-\frac{5}{4}z^*}\coth\frac{z^*}{2}\,dz^*,$$

$$x = \frac{4c}{\pi}\left[\frac{9}{5}\sin\frac{\pi}{4} - \frac{1}{5}\sin\frac{5\pi m}{4} - 2\sin\frac{\pi m}{4} + \frac{1}{2}\ln\operatorname{tg}\frac{3\pi}{8} - \frac{1}{2}\ln\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi m}{8}\right)\right]$$

$$y = \frac{4c}{\pi}\left(-\frac{9}{5}\sin\frac{\pi}{4} - \frac{1}{2}\ln\operatorname{tg}\frac{\pi}{8} + \frac{1}{5}\cos\frac{5\pi m}{4} + 2\cos\pi m + \frac{1}{2}\ln\operatorname{tg}\frac{\pi m}{8}\right).$$

Шестой случай: $\alpha = \frac{3\pi}{2}$.

$$z = \frac{ic}{\pi}\int e^{-\frac{3}{2}z^*}\coth\frac{z^*}{2}\,dz^*,$$

$$x = \frac{4c}{\pi}\left(\frac{5}{6} - \frac{1}{6}\sin\frac{3\pi m}{2} - \sin\frac{\pi m}{2}\right),$$

$$y = \frac{4c}{\pi}\left(\frac{1}{6}\cos\frac{3\pi m}{2} + \cos\frac{\pi m}{2} + \frac{1}{2}\ln\operatorname{tg}\frac{\pi m}{4}\right).$$

Седьмой случай: $\alpha = \frac{7\pi}{4}$.

$$z = \frac{ic}{\pi} \int e^{-\frac{7}{4}z^*} \coth \frac{z^*}{2}\, dz^*,$$

$$x = \frac{4c}{\pi}\left[-\frac{1}{21}\sin\frac{\pi}{4} - \frac{1}{7}\sin\frac{7\pi m}{4} - \frac{2}{3}\sin\frac{3\pi m}{4} + \frac{1}{2}\ln \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi m}{8}\right)\right],$$

$$y = \frac{4c}{\pi}\left[\frac{11}{21}\sin\frac{\pi}{4} + \frac{1}{7}\cos\frac{7\pi m}{4} + \frac{2}{3}\cos\frac{3\pi m}{4} + \frac{1}{2}\ln \operatorname{tg}\frac{\pi m}{8}\right].$$

Восьмой случай: $\alpha = 2\pi$.

$$z = \frac{ic}{\pi} \int e^{-2z^*} \coth \frac{z^*}{2}\, dz^*,$$

$$x = \frac{4c}{\pi}\left[-\frac{1}{8}\sin 2\pi m - \frac{1}{2}\sin \pi m - \frac{\pi m}{4}\right],$$

$$y = \frac{4c}{\pi}\left(\frac{1}{8}\cos 2\pi m + \frac{1}{2}\cos \pi m + \frac{1}{2}\ln \sin\frac{\pi m}{2}\right].$$

§ 3. О полном решении. Характер получения решения для линии DB (см. выше) показывает, что выражение для W должно быть взято таким:

$$W = -\frac{2q}{\pi}\left\{\ln \sinh \frac{z^*}{2} - \ln \sinh \frac{z^* + \ln k}{2} + \ln \sinh \frac{z^* - \ln k}{2}\right) + \\ + \left(\ln \sinh \frac{z^* + 2\ln k}{2} + \ln \sinh \frac{z^* - 2\ln k}{2}\right) - \ldots\Big\} =$$

$$= -\frac{2q}{\pi}\left\{\ln \sinh \frac{z^*}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\ln \sinh \frac{z^* + n\ln k}{2} + \ln \sinh \frac{z^* - n\ln k}{2}\right)\right\}$$

где n — целое число.

Соответственно этому

$$dW = -\frac{q}{\pi}\left\{\coth \frac{z^*}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\coth \frac{z^* + n\ln k}{2} + \coth \frac{z^* - n\ln k}{2}\right)\right\} dz^*.$$

Что касается W', то для него сохраняется формула

$$W' = iv_1 e^{\frac{\alpha z^*}{\pi}}.$$

В связи с этим формула для z получается так:

$$z = \frac{iq}{\pi v_1} \int_{i\pi}^{i\pi m} e^{-\frac{\alpha z^*}{\pi}} \left[\coth \frac{z^*}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\coth \frac{z^* + n\ln k}{2} + \right.\right. \\ \left.\left. + \coth \frac{z^* - n\ln k}{2}\right)\right] dz^*.$$

Вычисляя интеграл и разлагая результат на вещественную и мнимую части, получим координаты соответственных точек кривой DB.

Заметим, что в написанной формуле

$$q = v_1 c = v_1 b\varphi = v_0 a,$$

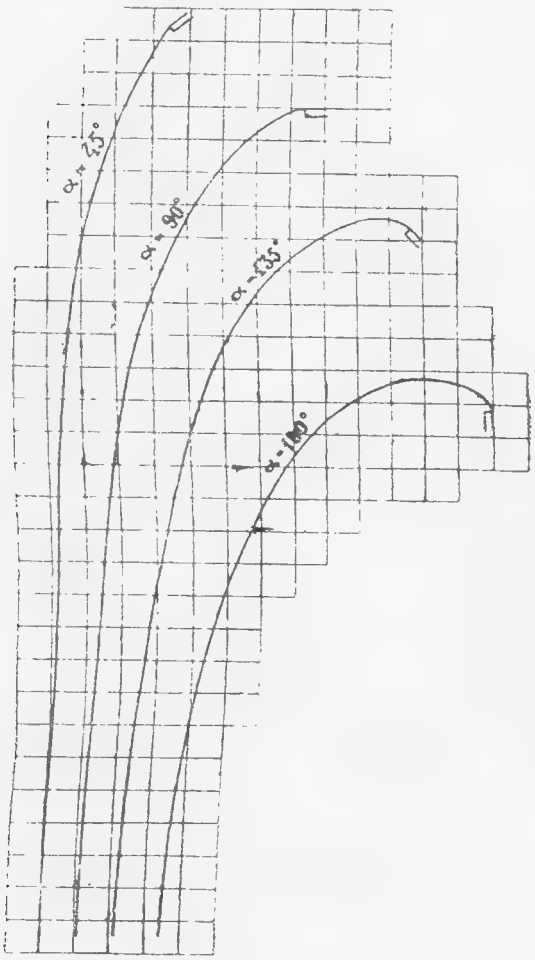
где c — ширина сжатого сечения, b — проекция на ось x-ов «просвета», оставляемого шпорой, a — ширина потока на большом расстоянии выше отверстия. Если за исходные величины брать b и a, приведенное выражение для z не будет вполне определенным, поскольку оно заключает $\frac{q}{v_1} = c = \varphi b$, где коэффициент сжатия φ заранее неизвестен. Чтобы определить φ, надо было бы провести построение участка шпоры CD и учесть заданную его длину. На этом мы, однако, в настоящем месте не останавливаемся.

На фиг. 12—19 приведены построения, отвечающие решениям первого приближения и дающие, как легко могло бы быть показано, более пологие кривые, чем полные решения. Укажем, что решения первого приближения фиг. 12—15 ($\alpha = 45°$, $\alpha = 90°$, $\alpha = 135°$ и $\alpha = 180°$) отвечают точному решению для случая бесконечно широкого канала по сравнению с отверстием. Кривые же фиг. 16—19 не отвечают какому-либо возможному точному решению, так как уже при некоторой конечной ширине потока должно получиться пересечение ветвей DB (построенной на чертежах) и AC. Масштаб фиг. 12—19 отвечает равенству ширины сжатого сечения c десяти клеткам.

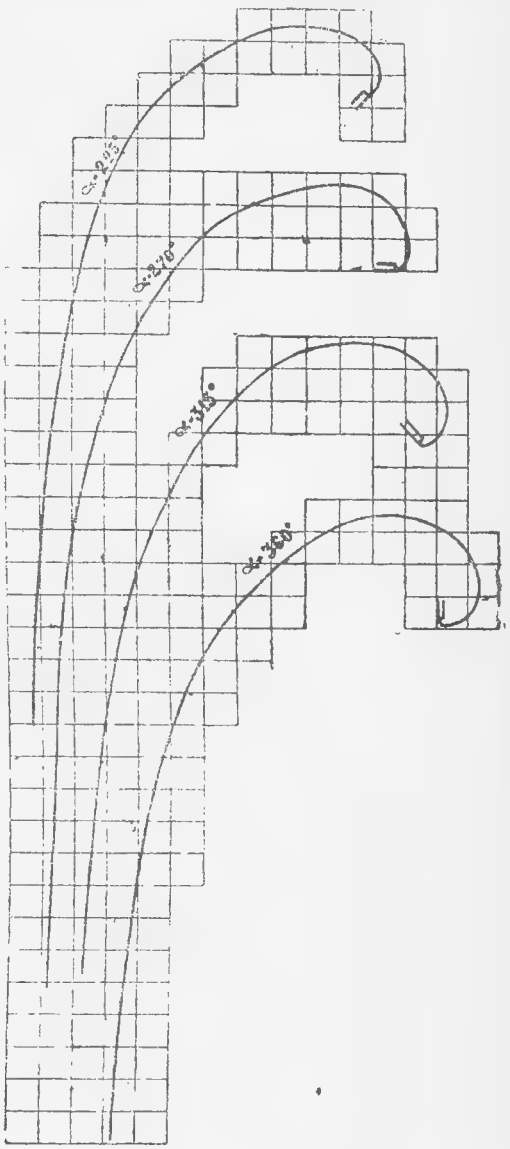
Рассмотренная серия вариантов отвечала обычной постановке так называемой «задачи об истечении» (вдоль DB значение скорости равно постоянной величине) и притом случаю прямолинейности одной из линий тока. Заметим, что такой постановке задачи может соответствовать целый ряд решений, отвечающих различным предположениям об условиях на AC. В частности аспирантом Академии Наук Д. М. Таидзе был в текущем 1933 году рассмотрен случай криволинейной шпоры. Упомянем также, что при решении в п. I настоящей статьи задачи о коэффициенте сжатия соответственно случаю фиг. 2 предполагалось, что области отжима в верховой части отсутствуют, и что линия $ABCD$ является линией тока.

§ 4. Более сложные случаи. Предположим что прямолинейная на всем протяжении линия тока отсутствует и что, при сохранении предположений о прямолинейности верхового канала и об условиях в застойных областях, имеются не одна, а две шпоры, расположенные несимметрично по отношению к оси канала. Самое направление сжатого сечения берем в общем случае наклоненным под некоторым углом к направлению оси канала. Отметим, что под шпорами мы понимаем при этом показанные на фиг. 20 участки примыкания крайних линий тока к «контуру» CB и EF; роль же «непроницаемых» линий LKC и MNF заключается в разобщении ими верховых и низовых застойных областей. Возможность выбора как положения шпор, так и их длины и углов наклона позволяет так произвести этот выбор, чтобы сжатое сечение имело требуемые: ширину, направление и по-

ложение относительно оси канала. Вид кривых CD и FD и их расположение на плоскости z (фиг. 20), отвечающих назначенным участкам BC и EF и тем же предположениям об условиях в застойных областях, что и взятые выше, могут быть получены тем же путем последовательных конформных преобразований потока.



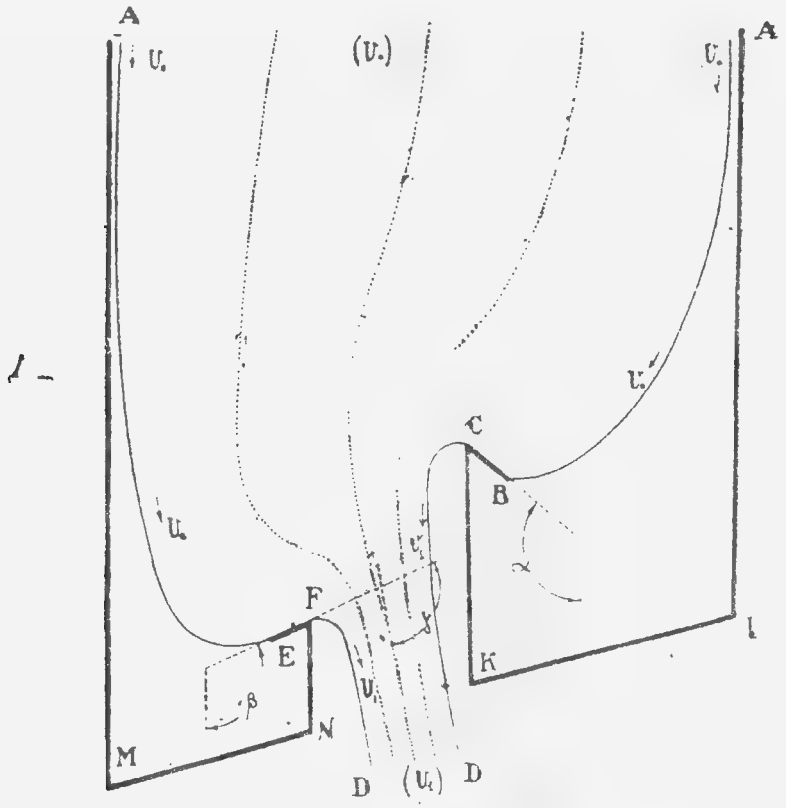
Фиг. 12—15.



Фиг. 16—19.

Фиг. 21 дает план скоростей, отвечающий равенству скоростей величине v_0 в пределах сечения AA на большом расстоянии (теоретически — «бесконечно большом») выше отверстия и сохранению той же абсолютной величины скоростей, но не их направления, на участках BC и EF примыкания крайних линий тока к соответствующим застойным областям. Дальнейшее увеличение абсолютной величины скоростей на прямолинейных участках BC и EF и последующее сохранение на искомых кривых CD и FD только абсолютной величины скоростей ($=v_1$) приводит к тому виду плана скоростей, который показан на фиг. 21, причем на подробностях можно не останавливаться.

Зеркальное отображение плана скоростей относительно вещественной оси с одновременным уменьшением линейных размеров чертежа в v_1 раз дает на фиг. 22 изображение функции $\frac{W'}{v_1}$.



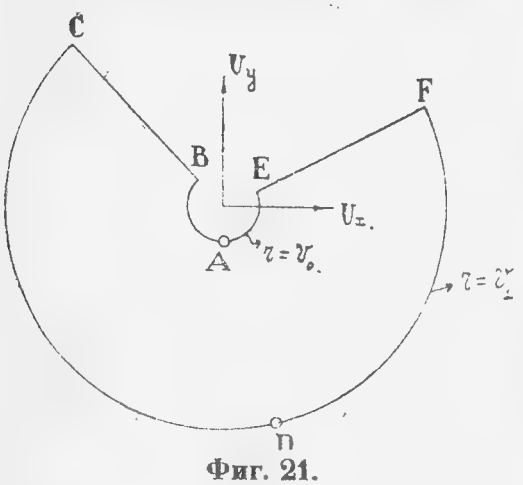
Фиг. 20.

Если углы наклона шпор BC и EF к продольной оси канала суть α и β — при отсчете в первом случае по часовой стрелке (от направления, параллельного оси канала) и во втором — против часовой стрелки, — то, как легко может быть усмотрено, умножение функций $\frac{W'}{v_1}$ на

$$e^{i\left(\beta-\frac{\pi}{2}\right)} = -ie^{i\beta}$$

позволяет притти к совпадению, на фиг. 23, участка EF с вещественной осью, возведение же полученной функции

$$-ie^{i\beta}\frac{W'}{v_1}$$



Фиг. 21.

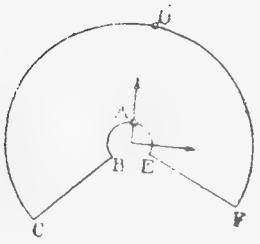
в степень $\frac{\pi}{\alpha+\beta}$

дает на фиг. 24 полукольцо (плоскость переменной χ) — внешнего радиуса единица и внутреннего — величины

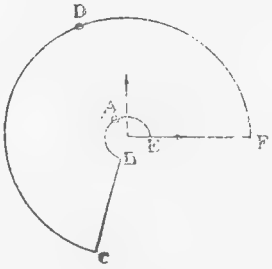
$$\left(\frac{v_0}{v_1}\right)^{\frac{\pi}{\alpha+\beta}} = (\text{обозначаем})\ \frac{1}{k}.$$

Плоскость переменной z^* фиг. 25, связаниая с плоскостью переменной χ фиг. 24 зависимостью

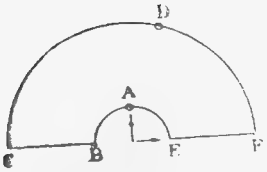
$$z^* = \ln \chi,$$



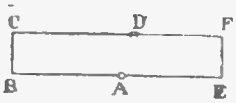
Фиг. 22.



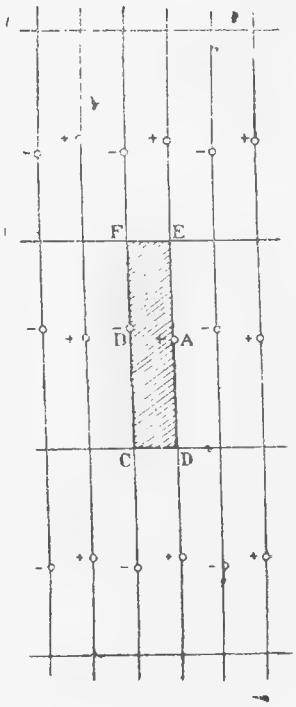
Фиг. 23.



Фиг. 24.



Фиг. 25.



Фиг. 26.

отвечает изображению рассматривавшегося контура в виде прямоугольника, вершина которого F совпадает с началом координат, сторона FDC направлена по положительному направлению мнимой оси, а FE по отрицательному — вещественной. Координаты точек D и E оказываются при этом при наличии зависимостей

$$z_D^* = \ln e^{i\frac{\pi(\gamma+\beta)}{\alpha+\beta}}, \qquad z_A^* = \ln \frac{1}{k}\, e^{i\frac{\pi\beta}{\alpha+\beta}},$$

где γ обозначает отсчитанный по часовой стрелке угол между направлениями EF и сжатого сечения (фиг. 20), — такими

$$x_D^* = 1, \quad y_D^* = \frac{\pi(\gamma+\beta)}{\alpha+\beta} = (\text{обозначаем})\ \delta,$$

$$x_A^* = -\ln k, \quad y_A^* = \frac{\pi\beta}{\alpha+\beta} = (\text{обозначаем})\ \nu.$$

Решение случая фиг. 25, где все линии тока начинаются в A и заканчиваются в D, стороны же $AEFD$ и $ABCD$ являются крайними линиями тока, можно, при пользовании схемой фиг. 26, получить как в эллиптических функциях, так и при пользовании различным образом составленными разложениями по гиперболическим функциям.

Так, например, удобное для вычисления в дальнейшем координат кривых CD и EF разложение по гиперболическим функциям будет отвечать такому выражению для dW:

$$dW = -\frac{q}{2\pi}\left\{\coth\frac{z^* - \delta i}{2} + \coth\frac{z^* + \delta i}{2} + \right.$$

$$+ \sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\left(\coth\frac{z^* - \nu i + n\ln k}{2} + \coth\frac{z^* + \nu i + n\ln k}{2} + \right.$$

$$\left. + \coth\frac{z^* - \nu i - n\ln k}{2} + \coth\frac{z^* + \nu i - n\ln k}{2}\right) -$$

$$- \sum_{m=1}^{\infty}(-1)^m\left(\coth\frac{z^* - \delta i + (m+1)\ln k}{2} + \coth\frac{z^* + \delta i + (m+1)\ln k}{2} + \right.$$

$$\left. \left. + \coth\frac{z^* - \delta i - (m+1)\ln k}{2} + \coth\frac{z^* + \delta i - (m+1)\ln k}{2}\right)\right\} dz^*.$$

Напротив того, разложения, удобные для последующего вычисления координат шпор, именно крайних их координат, необходимых для введения в учет их длины и положения, будут: — для шпоры EF

$$dW = -\frac{q}{\ln k}\sum_{0=m\ \nu}^{\infty}\left(\frac{\sin h\frac{\pi z^*}{\ln k}}{\cos h\frac{\pi z^*}{\ln k} - \cos h\frac{\pi(\delta + 2n\pi)}{\ln k}} - \right.$$

$$\left. - \frac{\sin h\frac{\pi z^*}{\ln k}}{\cos h\frac{\pi z^*}{\ln k} - \cos h\frac{\pi(\nu + 2m\pi)}{\ln k}}\right) dz^*$$

и для шпоры BC:

$$dW = -\frac{q}{\ln k}\sum_{n,\,m=0}^{\infty}\left(\frac{\sin h\frac{\pi(z^* - i\pi)}{\ln k}}{\cos h\frac{\pi(z^* - i\pi)}{\ln k} - \cos h\frac{\pi(-\delta + \pi + 2n\pi)}{\ln k}} - \right.$$

$$\left. - \frac{\sin h\frac{\pi(z^* - i\pi)}{\ln k}}{\cos h\frac{\pi(z^* - i\pi)}{\ln k} - \cos h\frac{\pi(-\nu + \pi + 2m\pi)}{\ln k}}\right) dz^*.$$

Что касается разложения для dW, удобного для последующего вычисления координат AB и AE, то оно получилось бы аналогичным приведенному для FD и CD, но с переменой знака и заменой δ на ν и обратно.

Переходя к вычислению W' через z^*, пользуемся зависимостью

$$\ln \chi = \ln \left(-ie^{i\beta} \frac{W'}{v_1} \right)^{\frac{\pi}{\alpha+\beta}} = z^*$$

и находим:

$$\frac{1}{W'} = -\frac{i}{v_1} e^{i\beta - \frac{(\alpha+\beta) z^*}{\pi}}.$$

Постановка последнего выражения и тех или иных из приведенных выражений для dW позволяет после введения в формулу

$$z = x + iy = \int \frac{dW}{W'} + \text{const}$$

и разложения интеграла на вещественную и мнимую часть получать в каждом отдельном случае оперативные формулы для вычисления координат x и y.

III. СЛУЧАЙ, ОТВЕЧАЮЩИЕ ПОСТЕПЕННОМУ УВЕЛИЧЕНИЮ СКОРОСТЕЙ ВДОЛЬ УЧАСТКА КРИВОЛИНЕЙНЫХ ДАМБ, ПРИМЫКАЮЩЕГО К СЖАТОМУ СЕЧЕНИЮ

§ 1. Первый ряд случаев. В схеме, отвечающей фиг. 27 и плану скоростей фиг. 28, значение скорости предполагается меняющимся вдоль дамбы BLD как по величине (от значения v_0 в точке B до v_1 в точке D), так и по направлению. Форма кривой BLD определяется так, чтобы после ряда конформных преобразований, приведенных на фиг. 29—35, кривая BLD перешла в дугу круга фиг. 34 и в прямую BD фиг. 35.

На фиг. 28 имеем плоскость переменной $v_x + iv_y$; на фиг. 29 переменной

$$\frac{v_x + iv_y}{v_1};$$

на фиг. 30 — переменной

$$\frac{W'}{v_1} = \frac{v_x - iv_y}{v_1};$$

на фиг. 31 — переменной

$$-i \frac{W'}{v_1};$$

на фиг. 32 — переменной

$$z_1 = \left(-i\frac{W'}{v_1}\right)^{\frac{\pi}{\alpha}};$$

на фиг. 33 — переменной

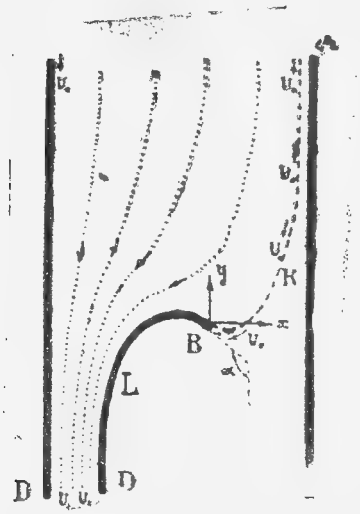
$$z_2 = \frac{i}{\pi}\ln z_1 \text{ при } z_1 = e^{-i\pi z_2}$$

на фиг. 34

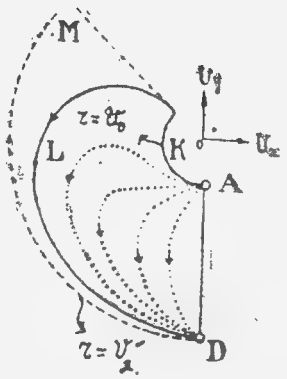
$$z_3 = -iz_2 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i$$

и, наконец, на фиг. 35

$$z_4 = \ln z_3.$$



Фиг. 27.



Фиг. 28.

Фиг. 29.

На последнем чертеже точка A оказывается в бесконечности, линии тока BA и DA полупрямыми, параллельными оси ox_4. Как на всех схемах, так и на фиг. 35, все линии тока начинаются в A и заканчиваются в D. При этом имеем

$$W = -\frac{2q}{\pi}\ln\sinh z_4,$$

$$dW = -\frac{2q}{\pi}\coth z_4\, dz_4.$$

Переходя, при пользовании написанными формулами, к переменной z_3, находим

$$dW = -\frac{2q}{\pi}\frac{z_3^2+1}{(z_3^2-1)z_3}dz_3,$$

$$W' = iv_1 e^{-\alpha+\alpha z_3}.$$

При нахождении линии ABD на плоскости z фиг. 27 приходится исходить из уравнения

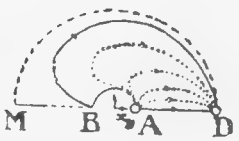
$$z = \int \frac{dW}{W'} = -\frac{2q}{\pi} \cdot \frac{1}{iv_1} e^{\alpha} \int \frac{z_3^2 + 1}{(z_3^2 - 1) z_3} e^{-\alpha z_3} dz_3.$$

При этом на кривой BD — дуге окружности, имеем

$$z_3 = e^{i\vartheta},$$

Фиг. 30.

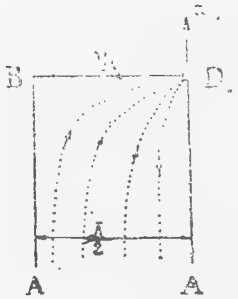
Фиг. 31.



Фиг. 32.

Фиг. 33.

Фиг. 34.



Фиг. 35.

если ϑ откладываемый от оси x_3 к оси y_3 центральный угол. Формулы для x и y приобретают следующий вид:

$$x = \frac{2c}{\pi} e^{\alpha} \int_6^{\vartheta} e^{-\alpha \cos \vartheta} \operatorname{cotg} \vartheta \cdot \sin(\alpha \sin \vartheta)\, d\vartheta,$$

$$y = \frac{2c}{\pi} e^{\alpha} \int_0^{\vartheta} e^{-\alpha \cos \vartheta} \operatorname{cotg} \vartheta \cdot \cos(\alpha \sin \vartheta)\, d\vartheta.$$

Здесь c — ширина сжатого сечения, а $e^{\alpha} = \frac{v_1}{v_0}$.

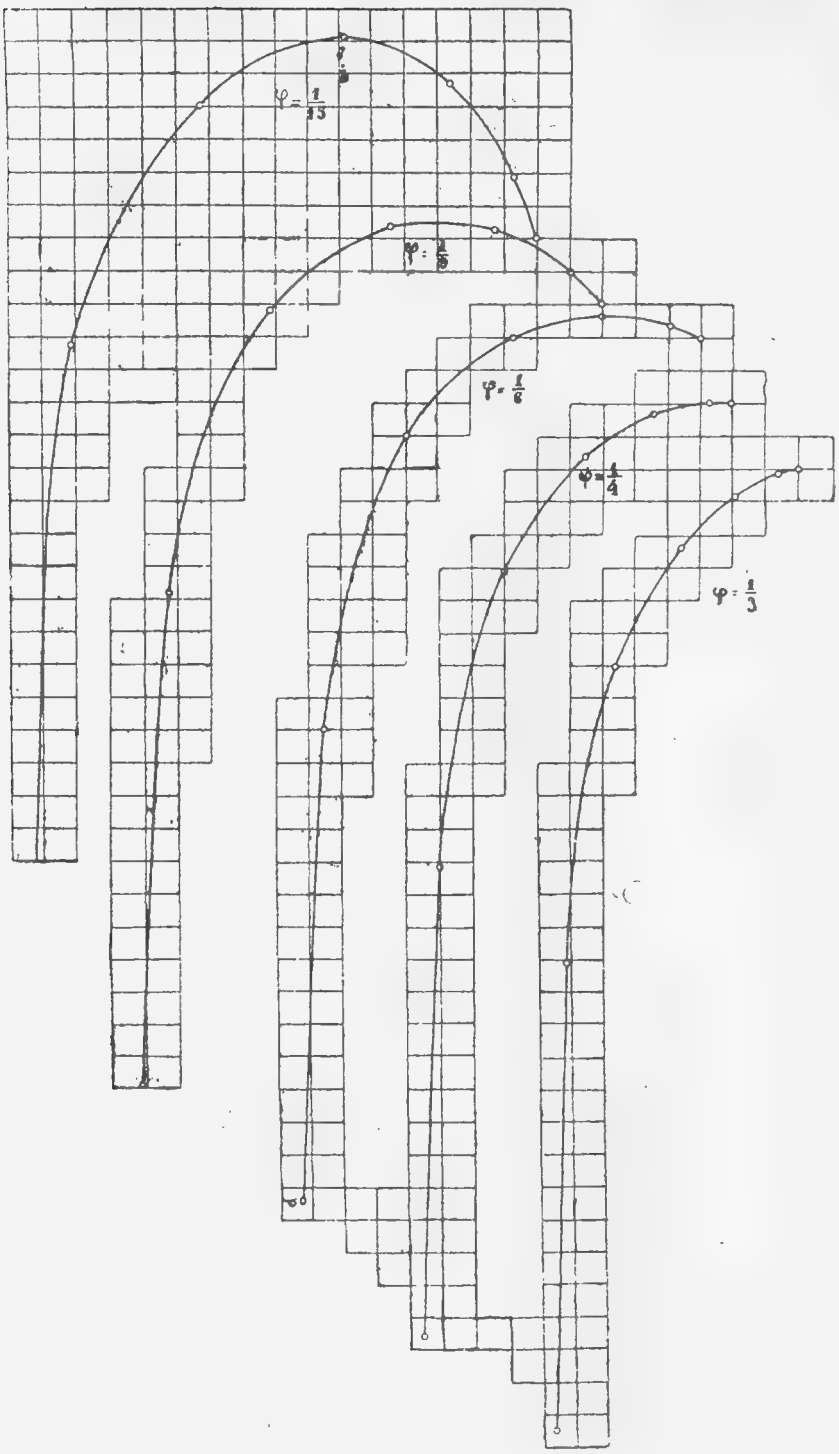
На кривой AB z_3 меняется от $z_3 = i$ в точке B до $z_3 = 0 \cdot i = 0$ в точке A, причем z_3 сохраняется все время чисто мнимым:

$$z_3 = iy_3, \quad \text{при } 1 \geqq y_3 > 0.$$

Находим для AB

$$x = -\frac{2c}{\pi} \cdot \frac{v_1}{v_0} \int_0^{y_3} \frac{1 - y_3^2}{(1 + y_3^2) y_3} \sin(\alpha y_3)\, dy_3,$$

$$y = -\frac{2c}{\pi} \frac{v_1}{v_0} \int_0^{y_3} \frac{1 - y_3^2}{(1 + y_3^2) y_3} \cos(\alpha y_3)\, dy_3.$$



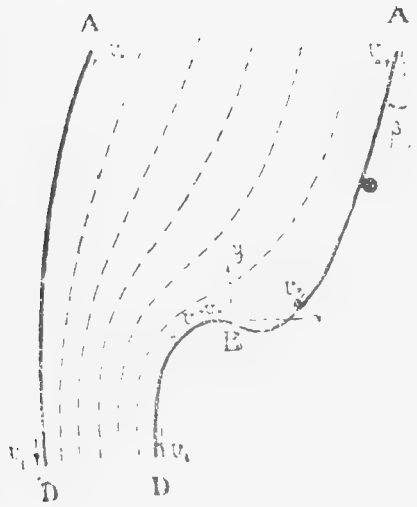
Фиг. 36.

Вычисленные для $\varphi = {}^1/_3, {}^1/_{4.5}, {}^1/_6, {}^1/_9$ и $^1/_{15}$ кривые BD приводятся на фиг. 36, причем ширина сжатого сечения c взята равной десяти клеткам

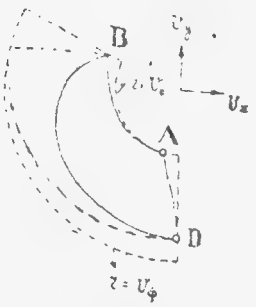
§ 2. Второй случай. В этой серии, совпадающей в основном с предыдущей, имелось, однако, в виду учесть возможность косого

подхода к отверстию. Фиг. 37 и 38 дают картину потока в плоскости $z = x + iy$ и план скоростей. На фиг. 39 и 40 мы имеем плоскости переменных

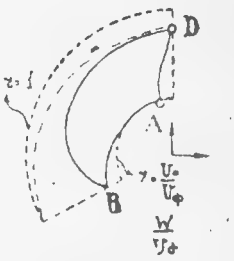
$$\frac{W'}{v_\Phi} \text{ и } -i\frac{W'}{v_\Phi},$$



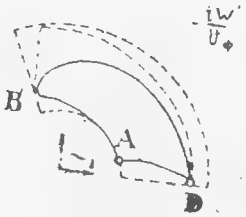
Фиг. 37.



Фиг. 38.



Фиг. 39.



Фиг. 40.

где v_Φ вспомогательная величина, отвечающая радиусу внешней пунктирной окружности. Фиг. 41 дает плоскость переменной

$$\chi = \left(\frac{-iW'}{v_\Phi}\right)^{\frac{\pi}{\alpha}}.$$

Переход от полученного полукольца к прямоугольнику с координатными осями x, y, показанными на чертеже и проходящими чрез точку пересечения диагоналей, представляет следующую зависимость перехода от переменной χ к переменной z_1:

$$\chi = i\sqrt{\varepsilon}\, e^{-\frac{\pi z_1}{2a}} \text{ при } \varepsilon = e^{-\frac{\pi b}{a}},$$

причем символом ε обозначена величина

$$\left(\frac{v_0}{v_1}\right)^{\frac{\pi}{\alpha}},$$

величинам же a и b придаются в дальнейшем равные значения:

$$a = b = \cos\gamma + \sin\gamma,$$

где γ параметр, значения же $2a$ и $2b$ суть длины сторон квадрата фиг. 42. Переход к координатным осям, наклоненным под углом γ (z_2 на фиг. 42), отвечает зависимости

$$z_2 = z_1 e^{i\gamma} = z_1 \cos\gamma + iz_1 \sin\gamma.,$$

Переход к координатам фиг. 43 (плоскость переменной z_3) дает

$$z_3 = -iz_1 \cos\gamma + z_1 \sin\gamma + \frac{1}{2} + \frac{i}{2},$$

переход же к плоскости z_4 (фиг. 44)

$$z_4 = \ln z_3.$$

Решение для последней схемы в предположении совпадения сторон со сторонами бесконечного прямоугольника отвечает зависимости

$$dW = -\frac{2q}{\pi} \frac{z_3^2 + 1}{(z_3^2 - 1) z_3} dz_3.$$

Что касается до W', вычисление ее дает

$$\frac{1}{W'} = \frac{1}{v_\Phi} e^{-i\frac{\pi}{2} + i\frac{\alpha z_1}{2a}} = \frac{e^{-N}}{v_\Phi},$$

причем переход к координатам z_3 отвечает

$$N = \left[\left(z_3 - \frac{1}{2}\right)\varepsilon\cos\gamma - \frac{1}{2}\varepsilon\sin\gamma - \frac{1}{2}\alpha\right] +$$
$$+ i\left[\frac{3\pi}{2} + \frac{\alpha}{2} - \left(z_3 - \frac{1}{2}\right)\varepsilon\sin\gamma - \frac{1}{2}\varepsilon\cos\gamma\right]$$

или при полярных координатах

$$z_3 = \rho(\cos\vartheta + i\sin\vartheta),$$
$$N = \left[\left(\rho\cos\vartheta - \frac{1}{2}\right)\varepsilon\cos\gamma + \left(\rho\sin\vartheta - \frac{1}{2}\right)\varepsilon\sin\gamma - \frac{1}{2}\alpha\right] +$$
$$+ i\left[\frac{1}{2}\pi + \frac{1}{2}\alpha - \left(\rho\cos\vartheta - \frac{1}{2}\right)\varepsilon\sin\gamma + \left(\rho\sin\vartheta - \frac{1}{2}\right)\varepsilon\cos\gamma\right].$$

Что касается параметров v_Φ, γ, β, α, ε, то они связаны между собою так:

$$v_\Phi = v_1 e^\beta = v_0 e^\alpha, \quad \gamma = \frac{\pi}{4} - \operatorname{arctg}\left(1 - \frac{2\beta}{\alpha}\right), \quad \beta = \alpha - \ln\frac{v_1}{v_0} = \varepsilon\sin\gamma.$$

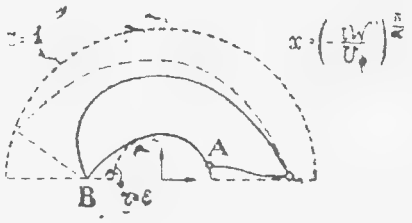
При этом

$$\varepsilon(\sin\gamma + \cos\gamma) = \alpha.$$

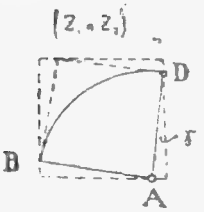
Выполнение интегрирования в основной формуле

$$z = \int \frac{dW}{W'},$$

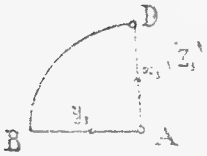
с последующим разделением на вещественную и мнимую части приводит к следующим зависимостям для координат кривой BD, соответствующей $\rho = 1$ и ϑ меняющимся от $\frac{\pi}{2}$ до 0 (как и в предыдущем разделе c — ширина сжатого сечения).



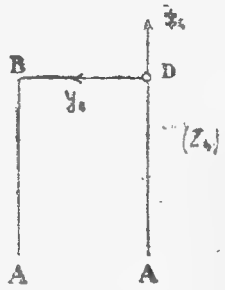
Фиг. 41.



Фиг. 42.



Фиг. 43.



Фиг. 44.

$$x = c\,\frac{2v_1}{\pi v_0}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\vartheta} e^{-\varepsilon\cos(\vartheta-\gamma)}\sin\left[\beta+\varepsilon\sin(\vartheta-\gamma)\right]\operatorname{cotg}\vartheta\,d\vartheta,$$

$$y = c\,\frac{2v_1}{\pi v_0}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\vartheta} e^{-\varepsilon\cos(\vartheta-\gamma)}\cos\left[\beta+\varepsilon\sin(\vartheta-\gamma)\right]\operatorname{cotg}\vartheta\,d\vartheta.$$

На кривой BA имеем $z_3 = iy_3$, причем

$$x = -c\,\frac{2v_1}{\pi v_0}\int_{1}^{y_3} e^{-y_3\beta}\sin\left(\beta+y_3\ln\frac{v_1}{v_0}\right)\frac{1-y_3^2}{(1+y_3^2)\,y_3}\,dy_3,$$

$$y = -c\,\frac{2v_1}{\pi v_0}\int_{1}^{y_3} e^{-y_3\beta}\cos\left(\beta+y_3\ln\frac{v_1}{v_0}\right)\frac{1-y_3^2}{(1+y_3^2)\,y_3}\,dy_3.$$

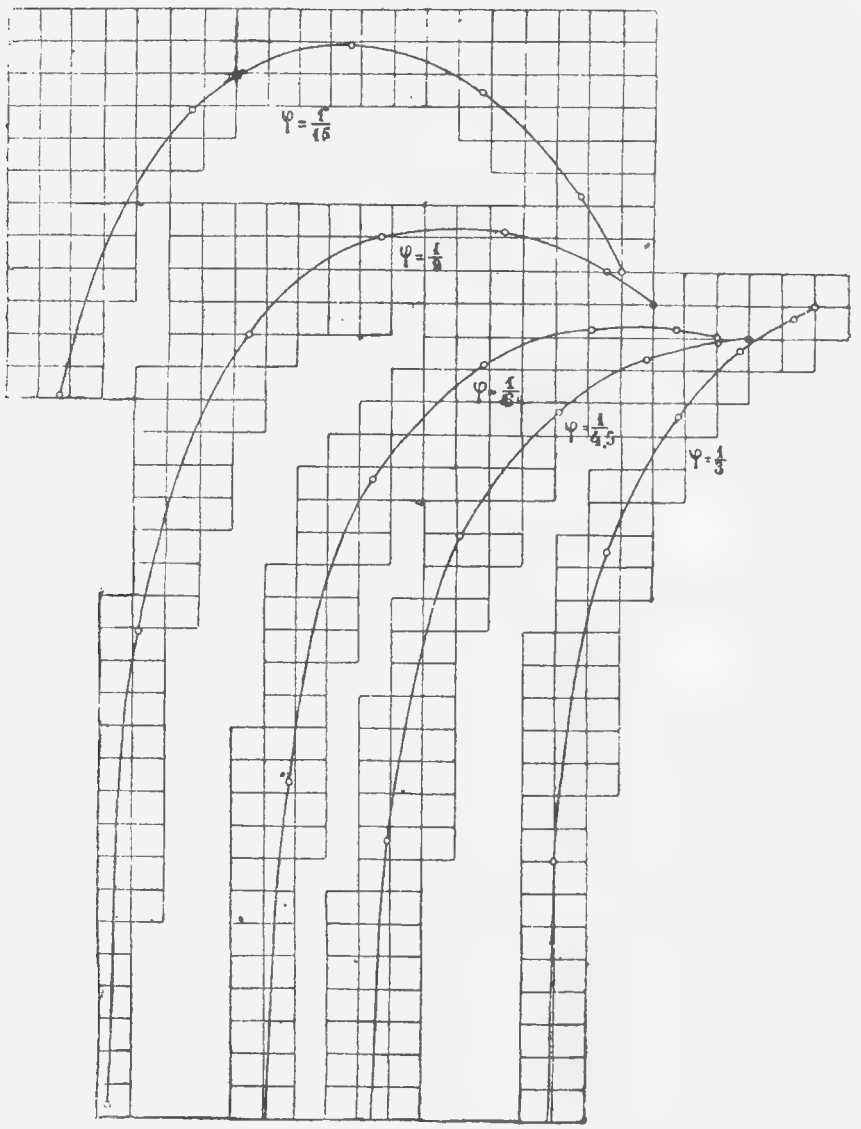
Наконец на кривой DA $z_3 = x_3$, и мы получаем:

$$x = -c\,\frac{2v_1}{\pi v_0}\int_{x_3'}^{x_3''}\left(\frac{v_0}{v_1}\right)^{x_3}\sin\left[\beta(1-x_3)\right]\frac{1+x_3^2}{(1-x_3^2)\,x_3}\,dx_3 + \text{const}.$$

$$y = -c\,\frac{2v_1}{\pi v_0}\int_{x_3'}^{x_3''}\left(\frac{v_0}{v_1}\right)^{x_3}\cos\left[\beta(1-x_3)\right]\frac{1+x_3^2}{(1-x_3^2)\,x_3}\,dx_3 + \text{const}.$$

На фиг. 45 приведены вычисленные для $\beta = 15°$ и

$$\varphi = \frac{1}{3},\ \frac{1}{4},\ \frac{1}{6},\ \frac{1}{9} \text{ и } \frac{1}{15}$$



Фиг. 45.

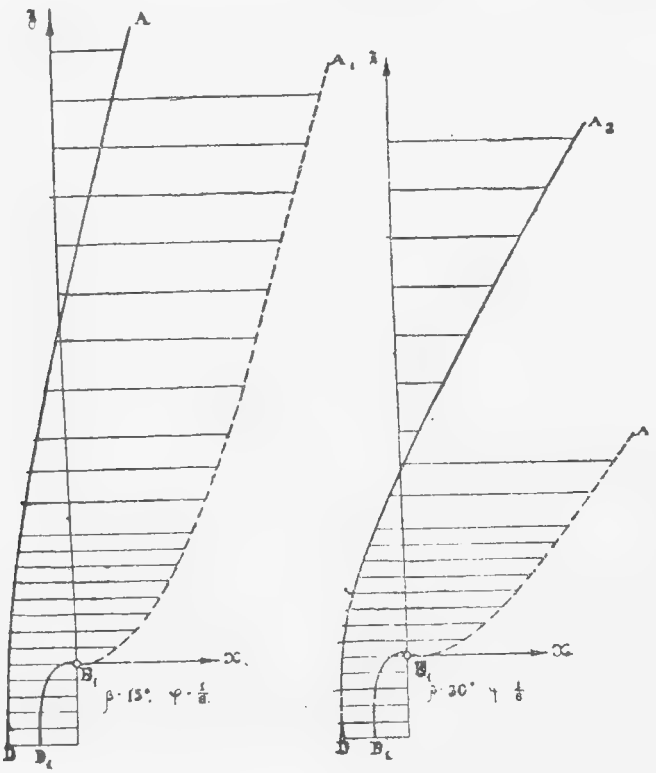
кривые BD (ширина сжатого сечения взята равной десяти клеткам). На фиг. 46 и 47 полная совокупность кривых (DB, DA и BA) построена для двух случаев:

$$\beta = 15° \text{ и } \beta = 30° \text{ при } \varphi = \frac{1}{6}.$$

Конечно β можно давать и отрицательные значения. При $\beta = -\beta_1$ вид кривой DA оказался бы тождественным виду кривой DA при $\beta = \beta_1$, если бы только направление оси x было взято в обратную сторону по сравнением с обычным. При этом поток, отвечающий

$\beta = -\beta_1$, можно было бы присоединить к потоку, отвечающему $\beta = \beta_1$, и получить картины, аналогичные приводимой на фиг. 48 (в конце доклада), где было принято $\beta_1 = 45°$ при $\varphi = \frac{1}{6}$.

§ 3. Третий ряд случаев. Схема потока отвечает фиг. 47. На фиг. 50 дан план скоростей, уменьшенный столько раз, чтобы внешний радиус вспомогательного пунктирного контура оказался рав-



Фиг. 46—47.

ным единице. На фиг. 51, где дается зеркальное отображение относительно вещественной оси фиг. 50, имеем плоскость переменной

$$z_1 = \frac{1}{m} W',$$

на фиг. 52

$$z_2 = z_1 e^{-\left(\frac{\pi}{2} - \lambda\right)}$$

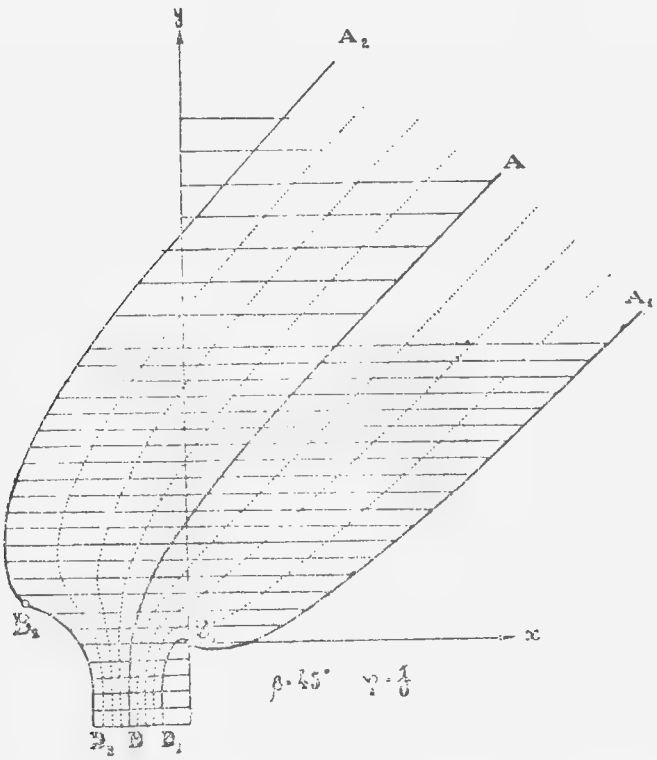
на фиг. 53

$$z_3 = (z_2)^{\frac{\pi}{\alpha+\beta+\gamma}}$$

и на фиг. 54 (при $a = 1$)

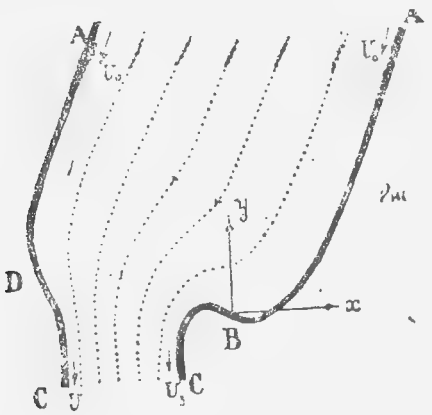
$$z^* = i\sqrt{\varepsilon}\, e^{-\frac{1}{2}i\pi z_3}, \quad \text{где } \varepsilon = e^{-\pi}.$$

Кривая $ABCDA$ плана скоростей предположена такой, что на схеме фиг. 54 она оказывается полной окружностью радиуса единица. Точки A и C начала и конца всех линий тока оказываются располо-

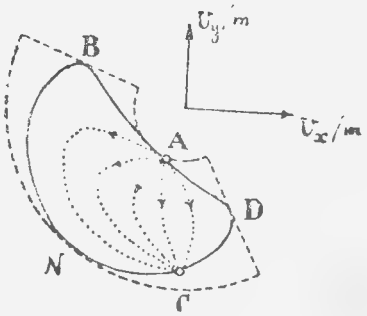


Фиг. 48.

женными на указанной окружности, причем, как легко могло бы быть показано, все остальные линии тока также будут дугами окружностей, проходящих чрез точки A и C схемы фиг. 54.



Фиг. 49.



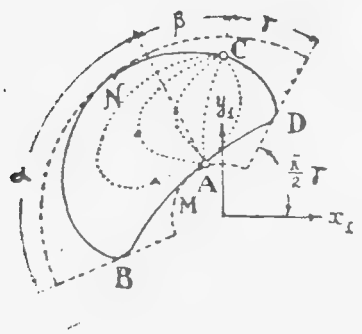
Фиг. 50.

Положим, что на плане скоростей, кроме внешнего радиуса равного единице (соответственно $|v_y| = 1$), заданы длины векторов:

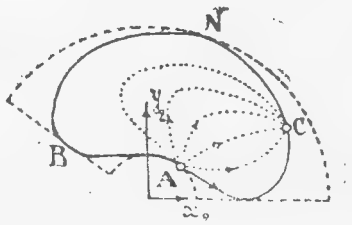
$$|v_A| = \varphi m, \quad |v_C| = m, \quad |v_m| = n,$$

где m и φm — величины во взятом масштабе скоростей в сечениях AA и сжатом, а n — радиус ввутренней пунктирной дуги окружности. При этом для введенной выше величины ε мы будем иметь соответственно проведенному возведению z_2 в степень $\frac{\pi}{(\alpha+\beta+\gamma)}$:

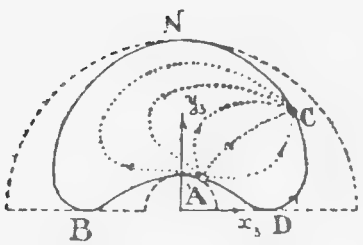
$$\varepsilon = n^{\frac{\pi}{\alpha+\beta+\gamma}}.$$



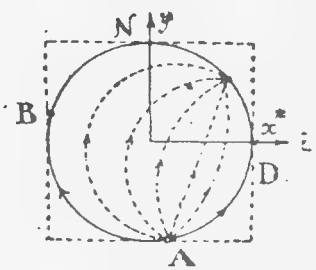
Фиг. 51.



Фиг. 52.



Фиг. 53.



Фиг. 54.

Условие, чтобы A и C оказались на окружности радиуса единица, (на фиг. 54) требует, чтобы между m, α, β и γ существовали определенные соотношения. Так, можно получить:

$$(m\varphi)^{\frac{\pi}{\alpha+\beta+\gamma}} \sin\frac{(\gamma+\beta)\pi}{\alpha+\beta+\gamma} = 1,$$

$$m^{\frac{\pi}{\alpha+\beta+\gamma}} \sin\frac{\gamma\pi}{\alpha+\beta+\gamma} = 1,$$

$$\varphi = \left(\frac{\sin\frac{\gamma\pi}{\alpha+\beta+\gamma}}{\sin\frac{(\alpha+\beta)\pi}{\alpha+\beta+\gamma}}\right)^{\frac{\alpha+\beta+\gamma}{\pi}}.$$

Рассмотрение настоящего случая мы не доводили до получения формул для координат x и y, отметив только, что решение, отвечающее схеме фиг. 54 и прохождению всего расхода q между крайними линиями тока, соответствует следующему виду функции W:

$$W = \frac{q}{\pi} \ln \frac{z^* - z_A^*}{z^* - z_C^*},$$

при

$$z_A^* = e^{i\vartheta_A}, \quad \vartheta_A = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2} (m\varphi)^{\frac{\pi}{\alpha+\beta+\gamma}} \cos \frac{(\beta+\gamma)\pi}{\alpha+\beta+\gamma}$$

$$z_C^* = e^{i\vartheta_C}, \quad \vartheta_C = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2} m^{\frac{\pi}{\alpha+\beta+\varphi}} \cos \frac{\gamma\pi}{\alpha+\beta+\gamma}.$$

Входящие в формулу $z = \int \frac{dW}{W'}$ величины выражаются при этом так:

$$dW = \frac{q}{\pi} \left(\frac{1}{z^* - z_A^*} - \frac{1}{z^* - z_C^*} \right),$$

$$\frac{1}{W'} = e^{-i\left(\frac{\pi}{2}-\gamma\right)} \left(1 + i + \frac{2i}{\pi} \ln z^*\right)^{-\frac{\alpha+\beta+\gamma}{\pi}},$$

причем на линиях AC, отвечающих крайним линиям тока, имеем

$$z^* = e^{i\vartheta}, \quad \ln z^* = i\vartheta \text{ и т. д.}$$

IV. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

На этом мы заканчиваем рассмотрение теоретических примеров. Выбор той или иной схемы для практической задачи должен, конечно, определяться особенностями последней, однако сложность действительных пограничных условий может заставить ограничиться рассмотрением только сильно схематизованных схем. Впрочем даже в этом случае наличие теоретических схем может предоставить существенную помощь проектировщику.

Заметим, что иногда, кроме построения крайних линий тока, может оказаться желательным построение линий тока промежуточных, тогда, напр., когда (по мысли проф. А. А. Саткевича) имеется в виду, кроме крайних дамб, ввести дамбы промежуточные, расположенные, в пределах потока и играющие роль своеобразного „направляющего аппарата“. В тех случаях, когда количество таких добавочных дамб ограничивается одной, располагаемой притом на пойме, отмеченное предложение представляется вполне реальным и может в ряде случаев принести существенную пользу.

Как общее правило, вычисление промежуточных линий тока представляется значительно более сложным, чем линий тока крайних. Можно, однако, для указанной цели воспользоваться графическими методами, относя сюда как способы чисто приближенной наметки (см. фиг. 48, о схеме которого говорилось раньше), так и способы, обладающие значительною точностью.

В заключение следует указать, что при применении теоретических методов к практическим задачам, подойти к решению иоследних можно в виду сложиости пограничных условий только подбором, рассмотрев целый ряд упрощенных схем и сопоставив их с очертанием действительного русла на подходном участке, с имеющимися данными о направлении здесь скоростей и т. п.

ПРЕНИЯ

Проф. Москвитинов. Я полагал бы, что следует произвести лабораторную поверку каких-либо расчетных примеров, решенных по предлагаемой теории.

Проф. Рахманов. Заслушанны йдоклад имеет большой интерес. Однако применительно к мостовому переходу через р. Волгу у г. Горького желательно, чтобы докладчик остановился на вопросе об отклонении действительного распределения скоростей в мостовом отверстии от получающегося при теоретических схемах докладчика. Без детального рассмотрения этого вопроса у проектировщика будет боязнь применить этот метод.

В. М. Маккавеев, (*заключительное слово*). Лаборатория им. проф. В. Е. Тимонова произвела поверку ряда вариантов струенаправляющих дамб, в том числе некоторых теоретических. Что касается последних, они отличались известной случайностью, так как времени для составления достаточного числа теоретических решений не было, в период же производства опытов (апрель — май 1933 г.) самая теория не была вполне закончена разработкой, в частности отсутствовали варианты, учитывающие косой подход к мостовому отверстию. Несмотря на это, теоретические варианты оказались лучшими по сравнению с предварительными проектными, ряд же теоретических предпосылок вполне оправдался. Сюда относятся вопросы о сходе струй в месте обрыва «контура», об образовании областей отжима и др.

В виду незавершенности теоретических попыток, Лаборатория уделила большое внимание их корректированию методами эксперимента на модели, и тот вариант, который был принят проектирующими организациями, в значительной степени сообразовался с предложенным Лабораторией. С лета 1933 г. работа Лаборатории по исследованию мостового перехода р. Волги приняла другое направление, именно—не касалась более вопроса о выборе струенаправляющих дамб мостового перехода, которые считались уже окончательно заданными, непосредственно же относилась к вопросам меженного регулирования.

Что касается замечания А. Н. Рахманова, то оно основательно. Конечно, целый ряд практических задач мы решить теоретически не можем, если же решаем, то только приближенно, поступаясь той или иной чертой действительного явления. Одной из таких черт представляется в нашем случае уменьшение в мостовом отверстии глубин и, следовательно, поверхностных скоростей от правого берега к левому.

Тем не менее, теоретическое решение, хотя бы приближенное, должно дать проектирующему все же много. Действительно, опыты, с одной стороны, стоят много денег, с другой же стороны — должны исходить из каких-то первоначальных вариантов, при выборе которых, при отсутствии теоретического подхода, должен существовать значительный произвол.

Председатель. Разрешите отметить, что данная работа представляет несомненный интерес и ценность в той области, которая в практике играет довольно важную роль, т. е. в области проектирования различных струенаправляющих дамб. Эта работа позволяет делать предварительные наметки при условии соединения с экспериментальными данными, которые позволят правильно оценивать роль предложенной теории и претворить ее в практические формы. Но некоторые замечания которые были сделаны следует, иметь в виду. (*Слово Председателя принимается как мнение Секции по данному докладу*).

На этом разрешите наше заседание закончить.

(*Заседание закрывается*)

Цена 16 руб.
Переплет 2 руб.